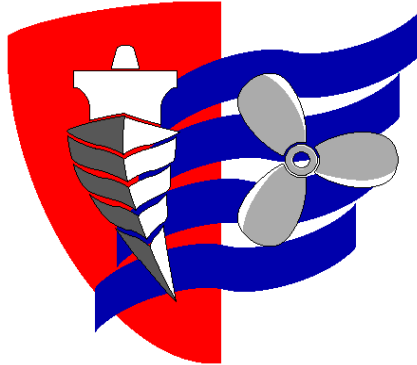


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

# **PROYECTO DE INSTALACIÓN DE TRIGENERACIÓN EN UNA INDUSTRIA LÁCTEA**

---

**TRIGENERATION INSTALLATION  
PROJECT IN A DAIRY INDUSTRY**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA MARÍTIMA**

Autor: Pablo López González

Director: Luis M. Muñiz González

Junio - 2021

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

*Trabajo Fin de Grado*

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE  
TRIGENERACIÓN EN UNA INDUSTRIA LÁCTEA**

**TRIGENERATION INSTALLATION  
PROJECTIN A DAIRY INDUSTRY**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA MARÍTIMA**

Junio – 2021

Índice	
1. Resumen y palabras clave.....	3
1.1. Resumen .....	3
1.2. Palabras Clave .....	4
1.3. Abstract.....	4
1.4. Keywords .....	5
2. Memoria.....	6
2.1. Introducción .....	6
2.1.1. Objeto.....	6
2.1.2. Alcance .....	6
2.1.3. Legislación .....	7
2.2. Industria Láctea .....	9
2.3. Instalación de trigeneración .....	11
2.3.1. Alternativas de máquina motriz .....	11
2.4. Elementos constructivos .....	13
2.4.1. MACI .....	13
2.4.2. Generador .....	17
2.4.3. Caldera de recuperación .....	19
2.4.4. Máquina de absorción .....	20
2.4.5. Torre de refrigeración.....	23
2.5. Trigeneración .....	26
2.5.1. Diagrama Sankey.....	27
2.6. Anexos.....	27
2.6.1. Anexo de Equipos .....	27
2.6.2. Anexo de Cálculos .....	39
2.6.3. Anexo Estudio de Viabilidad.....	46
3. Pliego de Condiciones .....	50
3.1. Pliego de condiciones generales .....	50
3.2. Pliego de condiciones particulares .....	50
3.2.1. Condiciones facultativas.....	50
3.2.2. Condiciones económicas .....	55
3.2.3. Condiciones de índole legal .....	60
3.3. Pliego de condiciones técnicas.....	62
3.3.1. Equipos .....	62
3.3.2. Montaje mecánico .....	72
3.3.3. Montaje eléctrico .....	85
4. Presupuesto.....	93

4.1.	Introducción .....	93
4.2.	Costes.....	94
5.	Planos.....	96
6.	EBSS .....	100
6.1.	Objeto .....	100
6.2.	Características de la obra .....	100
6.3.	Normativa de seguridad y salud .....	101
6.3.1.	Normativa general .....	101
6.3.2.	Aparatos a presión .....	103
6.3.3.	Equipos de trabajo .....	103
6.3.4.	Electricidad.....	104
6.3.5.	Lugar de trabajo .....	104
6.3.6.	Máquinas.....	104
6.3.7.	Ruido.....	104
6.3.8.	Manipulación de cargas manual.....	105
6.3.9.	Señalización .....	105
6.3.10.	Servicios de prevención y mutuas .....	105
6.4.	Riesgos laborales evitables .....	106
6.5.	Riesgos que no pueden llegar a eliminarse .....	107
6.5.1.	General .....	107
6.5.2.	Instalación eléctrica.....	108
6.5.3.	Soldadura.....	109
6.5.4.	Montaje de equipos .....	112
6.5.5.	Trabajos con radial y taladro .....	113
6.5.6.	Escalera de mano .....	116
6.6.	Condiciones de los medios de protección.....	117
6.7.	Servicios de prevención.....	118
6.8.	Instalaciones.....	118
6.8.1.	Médicas.....	118
6.8.2.	Salud y bienestar.....	119
6.9.	Plan de seguridad y salud.....	119
7.	Bibliografía.....	120

## 1. Resumen y palabras clave

### 1.1. Resumen

Este proyecto se basa en la instalación de una planta de trigeneración en la industria láctea, esto es debido a que la industria en general se ha visto involucrada en un constante desarrollo para la obtención de mejores rendimientos, debido a que por parte de los gobiernos, a través de la legislación, tratan de incentivar la mejora de la eficiencia y así poder reducir las emisiones contaminantes de la industria. Además de este motivo, la mejora de rendimientos produce un menor gasto para la obtención de los productos finales, lo que provoca un aumento del beneficio.

Por parte de la Unión Europea, se llevan a cabo estudios para la obtención de los mejores métodos para llevar a cabo esa mejora de eficiencias. Una vez realizados y teniendo como conclusión los mejores métodos, la UE, procede a la publicación a través de los BREF, que son documentos donde se hace referencia a las BAT (Best Available Techniques), que son documentos donde se exponen las mejores aplicaciones. En una de estas publicaciones se hace referencia a la industria láctea.

En la publicación, se expone que la trigeneración en la industria a través de diferentes dispositivos, como las calderas de recuperación, o las máquinas de absorción, como es en este caso, es la mejor forma de aumentar la eficiencia, por ello se ha decidido que este proyecto sería de la instalación de una trigeneración, en la que se aprovechará el calor desprendido por un motor principal para la generación de vapor y agua fría.

La instalación se basará en un grupo generador, proporcionado por Caterpillar, que está formado por un motor de gas con 16 cilindros en V, que entrega la energía mecánica a un generador de excitación brushless, dando este grupo un total de 1300 kVA. De este motor se aprovechará el calor que expulsa a través del agua de refrigeración de alta temperatura para la alimentación del generador de una máquina de absorción de bromuro de

litio, para generar agua fría a 5 °C, que será de utilidad para una máquina extrusora de botellas de plástico. También se aprovechará el calor expulsado a través de los gases de escape para la alimentación de una caldera de recuperación que generará vapor saturado a 10 bares manométricos.

Con todas estas medidas se consigue un aprovechamiento teórico de aproximadamente un 90%, lo que supone un ahorro anual que hace rentable la inversión en la planta de trigeneración.

## 1.2. Palabras Clave

Trigeneración

Industria láctea

Grupo generador

Máquina de absorción

Caldera de recuperación

## 1.3. Abstract

This project is based on the installation of a trigeneration plant in the dairy industry. This is due to the fact that the industry has commonly been involved in constant development to obtain better yields. This is because the governments, through legislation, try to encourage efficiency improvement in order to have the capacity to reduce polluting emissions.

In addition to this judgment, the improvement in yields benefits profit as a result of the lower cost it demands to obtain the final products.

On behalf of the European Union, studies are being carried out to conclude on the best methods to carry out this improvement regarding efficiency. Once the best methods have been carried out the EU will proceed to publishing this result through the BREF's, which are documents where the BAT (Best Available Techniques) are referenced. These are documents where the best

applications are exhibited, and where the publications concerning the dairy industry will be.

In the publication, it is stated that trigeneration in the industry through different devices, such as recovery boilers or absorption machines, as in this case, are the best way to increase efficiency. Due to this statement is why it has been decided that this project would be the installation of a trigeneration in which the heat, given off by a main engine will be used to generate steam and cold water.

The installation will be based on a generator set, provided by Caterpillar, which is made up of a 16-cylinder V gas engine, which delivers mechanical energy to a brushless excitation generator; giving this set a total of 1,300 kVA.

This engine will take advantage of the heat that it expels through the high-temperature cooling water to feed the generator from a lithium-bromide absorption machine, in order to generate cold water at 5°C, which will be useful for an extruder machine of plastic bottles. The heat expelled through the exhaust gases will also be used to feed a recovery boiler that will generate saturated steam at 10 bar.

With all these measures, a theoretical use of approximately 90% is achieved, which represents an annual saving that makes the investment in the trigeneration plant profitable.

#### 1.4. Keywords

Trigeneration

Dairy industry

Generator set

Absorption machine

Recovery boiler

## 2. Memoria

### 2.1. Introducción

Debido al encarecimiento del precio de los combustibles fósiles, y a la progresiva concienciación medioambiental, por parte del estado, han hecho que la industria esté en continua búsqueda del aumento de las eficiencias y rendimientos, de todo proceso que involucra la quema de combustibles fósiles. Por parte del gobierno, llevando a cabo cada vez, una mayor restricción de emisiones, tanto de COx ,como de NOx, como de partículas, a través de las continuas actualizaciones de las leyes año tras año, por ejemplo tenemos el Acuerdo de París que en diciembre de 2020 modificó el objetivo de reducir las emisiones de un 40% a un 55% respecto al año 1990, para así intentar mitigar los efectos del cambio climático.

Además el encarecimiento de los combustibles ha hecho que la industria intente aprovechar la energía que se transforma en la reacción química para reducir costes, por esto han surgido diferentes formas de hacerlo, una de ellas es el tema que vamos a tratar que es la trigeneración.

#### 2.1.1. Objeto

El objeto de estudio es la implantación de una planta de trigeneración en la industria láctea para cubrir las necesidades de electricidad, de vapor, y de frío, para llevar a cabo los diferentes procesos que se requieren en esta industria, como por ejemplo, la limpieza con vapor, la esterilización con calor, o el enfriamiento con agua a 5 °C de distintos elementos.

#### 2.1.2. Alcance

Para llevarlo a cabo se va a estudiar la implantación de un sistema de trigeneración en una industria láctea, que posteriormente hablaremos de ella, en la que utilizaremos un grupo electrógeno del cual aprovecharemos la energía eléctrica para abastecer a la industria, mientras que aprovecharemos los gases de escape para la producción de vapor en una



caldera de recuperación, que posteriormente será utilizado en la misma, para la esterilización de equipos, CIP (cleaning in place), y otros usos, y la utilización del agua de refrigeración del motor para la alimentación de una máquina de absorción que será utilizada para el enfriamiento del agua que será utilizado para el enfriamiento de las máquinas extrusoras de botellas de plástico, permitiendo así la centralización de procesos en una planta y así evitar costes de portes, o depender de una industria auxiliar.

### 2.1.3. Legislación

#### 2.1.3.1. Actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial

- Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008.

#### 2.1.3.2. Aparatos a presión y tuberías

- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

- Orden de 17 de marzo de 1981 por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión.
- Orden de 6 de octubre de 1980 por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP2 del Reglamento de Aparatos a Presión.
- Orden de 11 de octubre de 1988 por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP16 del Reglamento de Aparatos a Presión, relativa a Centrales Térmicas generadoras de energía eléctrica.

#### 2.1.3.3. Instalación eléctrica

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Orden de 23 de junio de 1988 por la que se actualizan diversas Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

#### 2.1.3.4. Instalaciones y transporte de Gas

- Real Decreto 1434/2002, de 27 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de gas natural.

- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.
- UNE-EN 12186:2015 Infraestructura gasista. Estaciones de regulación de presión de gas para el transporte y la distribución. Requisitos de funcionamiento.
- UNE-EN 12327:2013 Sistemas de suministro de gas. Ensayos de presión, puesta en servicio y fuera de servicio. Requisitos funcionales.
- UNE 60302:2015 Canalizaciones para combustibles gaseosos. Emplazamiento.

#### 2.1.3.5. Torre de refrigeración

- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

## 2.2. Industria Láctea

La industria láctea supone un sector importante en la industria española debido a que la cadena de producción, transformación y comercialización del sector genera alrededor de 13.000 millones de euros al año y crea más de 60.000 puestos de empleo directos. Mientras que la propia industria genera más de 9.500 millones de euros en volumen de negocio, y más de 30.000 puestos directos, siendo un 2% de la producción industrial de España.

Tanto para la industria láctea como para otro tipo de industrias, la Unión Europea hace, a través de los BREF (Best Available Techniques Reference Document), recomendaciones de la mejores técnicas a aplicar en cada industria para obtener unas mejores eficiencias en los procesos

desarrollados, para así conseguir una reducción en la contaminación. Para hacer este tipo de recomendaciones la unión europea se basa en información proporcionada por sectores industriales, organizaciones no gubernamentales y el EIPPCB ( European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau).

Para este caso concreto podemos tomar como referencia el documento Food, Drink and Milk Industries, en el cual se trata la industria láctea en el contenido. En el propio documento hace referencia a distintos tipos de recomendaciones a la hora de realizar la operación de una planta de producción de industria láctea, pero a efectos de este estudio únicamente no es de utilidad la aplicación del apartado de recomendaciones generales para todas las industrias que se tratan en su interior, en el que se recomienda la utilización de plantas de cogeneración y trigeneración para el incremento de la eficiencia energética. La aplicación de un sistema de cogeneración y trigeneración puede conseguir una eficiencia del 90%, por lo que la producción de CO<sub>2</sub> se reduce para la producción de la misma energía, además la utilización de gas en lugar de combustibles permite la eliminación de las emisiones de óxidos de azufre, mientras que las emisiones de óxidos de nitrógeno se pueden controlar para cumplir la legislación. Por lo que recomiendan la utilización de gas.

En este documento además da una explicación de los principales procesos que se realizan en este tipo de industrias para la fabricación de los principales productos como la leche, la mantequilla, el yogurt, el helado, el queso, y la leche en polvo. Para algunos de estos procesos se hace necesaria una aplicación de calor para elevar la temperatura de la materia prima, por lo que se justifica la necesidad de tener una planta de cogeneración ya que se aprovecha el calor generado por el motor principal para la generación de vapor que posteriormente se utilizará para calentar la materia prima y así evitar la necesidad de tener una máquina independiente que consuma más energía para llevar a cabo el mismo trabajo, además en este caso que la propia industria fabricará sus propias botellas de plástico extruido, será necesaria una fuente de absorción de calor para bajar la

temperatura de las botellas y que así conserven la forma, por lo que la utilización de parte de ese calor generado por el motor puede ser utilizado en una planta de absorción de bromuro de litio para generar agua a 5°C, y así no tener que utilizar una máquina diferente que consuma aún más energía.

## 2.3. Instalación de trigeneración

### 2.3.1. Alternativas de máquina motriz

Las diferentes alternativas que se encuentran a día de hoy en el mercado, a la hora de elegir la máquina motriz de nuestra instalación son:

- Turbina de vapor
- Turbina de gas
- Motor alternativo de combustión interna

#### 2.3.1.1. Turbinas de vapor

Una turbina de vapor transforma la energía acumulada en vapor a alta presión y temperatura, procedente de una caldera, en energía mecánica. Dependiendo de la presión a la que llevan a cabo la condensación pueden ser:

- Contrapresión, si la presión de salida está por encima de la atmosférica.
- Condensación, si la presión de salida está por debajo de la atmosférica.

Para llevar a cabo esta transformación la turbina cuenta con:

- Toberas, que se encargan de aumentar la velocidad del vapor a costa de bajar su presión.
- Álabes, que se encargan de transformar la energía cinética del vapor en energía mecánica.

Esta opción queda descartada debido a que la necesidad de tener una caldera exclusivamente para alimentar a la turbina lo que no sería rentable económicamente.

#### 2.3.1.2. Turbinas de gas

Una turbina de gas transforma la energía de los gases de combustión, que anteriormente se han quemado en una cámara de combustión, en energía mecánica, a través de la expansión de estos, que debido a la combustión almacenan gran cantidad de energía en forma de presión y temperatura, a través de una turbina.

Estas son utilizadas para instalaciones de gran tamaño, a partir de 5 MW. Por lo que junto a que nuestra instalación va a ser de 1 MW y a que su rendimiento es menor respecto al de un MACI, que en situaciones de carga parcial los rendimientos son bajos, que su regulación es difícil, que los mantenimientos tienen una duración en el tiempo elevada, y que no permite la recuperación de calor a través de un sistema de refrigeración para la utilización en una máquina de absorción, queda descartada como opción.

#### 2.3.1.3. MACI (Motor Alternativo de Combustión Interna)

Un motor alternativo de combustión interna transforma la energía aportada por los gases de combustión, que debido a la reacción química almacenan gran cantidad de energía en forma de presión y temperatura, en energía mecánica ya que lleva a cabo la expansión de estos en el conjunto cilindro-pistón, produciendo así un desplazamiento del pistón a lo largo del cilindro que a su vez se transforma de movimiento lineal en rotatorio debido al conjunto biela-cigüeñal. Posteriormente hablaremos más en profundidad de los motores alternativos de combustión interna.

El rango de aplicación de estos motores va desde muy bajas potencias, como son 2-5 kW, hasta potencias de aproximadamente 15 kW, en el sector naval suelen utilizarse para aplicaciones que requieren de mucha más potencia debido a circunstancias especiales, pero en tierra para aplicaciones de mayor tamaño suelen utilizarse otras alternativas como las anteriormente mencionadas turbinas de gas.

En lo referente a rendimientos, eléctricamente es un sistema muy eficiente llegando en algunos casos a conseguir el 40-45% de rendimiento, pero térmicamente no son tan eficientes, lo que los hace una elección ideal para instalaciones de trigeneración, permitiendo un mayor aprovechamiento de la energía.

Debido a que la instalación va a ser de 1 MWe, que se sitúa dentro del rango de potencias de estos motores, que su forma constructiva nos permite el aprovechamiento del calor del agua de refrigeración y el calor de los gases de escape, para su utilización en la trigeneración, y que la inversión es menor respecto a las otras alternativas, ofreciendo una mayor vida útil y unos tiempos de mantenimiento reducidos, esta es la opción elegida para el desarrollo del proyecto.

## 2.4. Elementos constructivos

### 2.4.1. MACI

#### 2.4.1.1. Combustible

Se podrían elegir diversos combustibles, como el biogás, el fueloil, gasoil, propano, pero la elección es clara, el gas natural es la mejor opción, debido a unas ciertas ventajas que tiene este respecto a los demás combustibles, que son:

- Combustible más limpio respecto a los demás hidrocarburos, debido a que por cada molécula de CO<sub>2</sub> resultante de la reacción química, da como resultado cuatro partículas de agua, mientras que los hidrocarburos de cadenas largas dan aproximadamente una molécula de CO<sub>2</sub> por cada dos de agua.
- Alto poder calorífico, poder calorífico inferior medio de 10,67 kWh/Nm<sup>3</sup>.
- Suministro fiable
- No ocasiona problemas de corrosión al no contener componentes

corrosivos como el azufre.

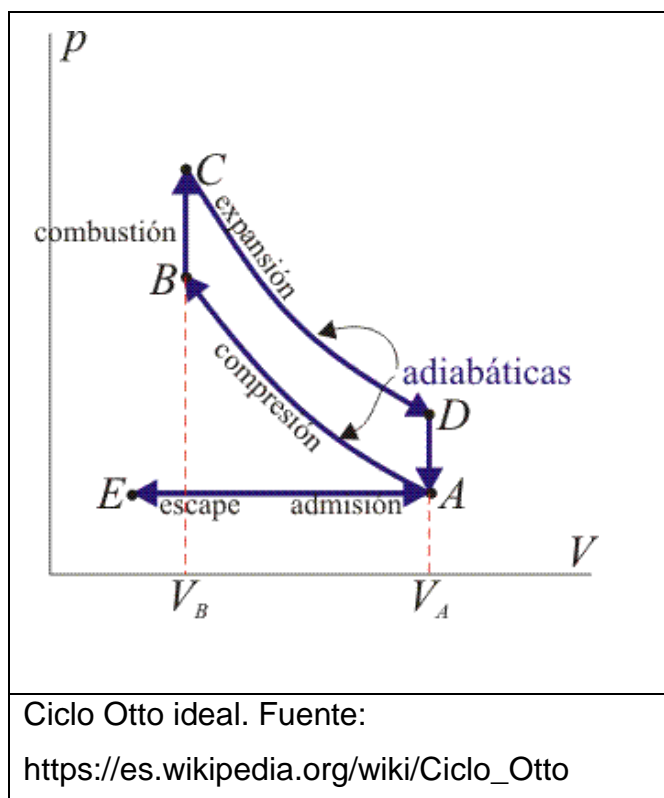
- Rendimiento elevado

El gas natural es un hidrocarburo compuesto por gases ligeros, en su mayoría metano, entre un 90% y un 95%, además de metano también se encuentran entre la mezcla gases como el etano, propano, butano, dióxido de carbono, impurezas, tales como vapor de agua y derivados del azufre, trazas de hidrocarburos más pesados, y otras sustancias.

Para poder hablar de los motores alimentados con gas primero debemos saber que ciclo termodinámico utilizan, que en este caso, es el ciclo Otto.

#### 2.4.1.2. Ciclo Otto

El ciclo Otto es un ciclo termodinámico inventado por Nicolaus Otto 1876, que se aplica a motores de combustión interna, en los que el encendido se produce por chispa.



1º Admisión:



De E a A, se produce una admisión a presión constante.

2º Compresión:

De A a B, se produce una compresión adiabática.

3º Combustión-Expansión:

De B a C se produce una combustión a volumen constante y de C a D se produce una expansión adiabática.

4º Escape:

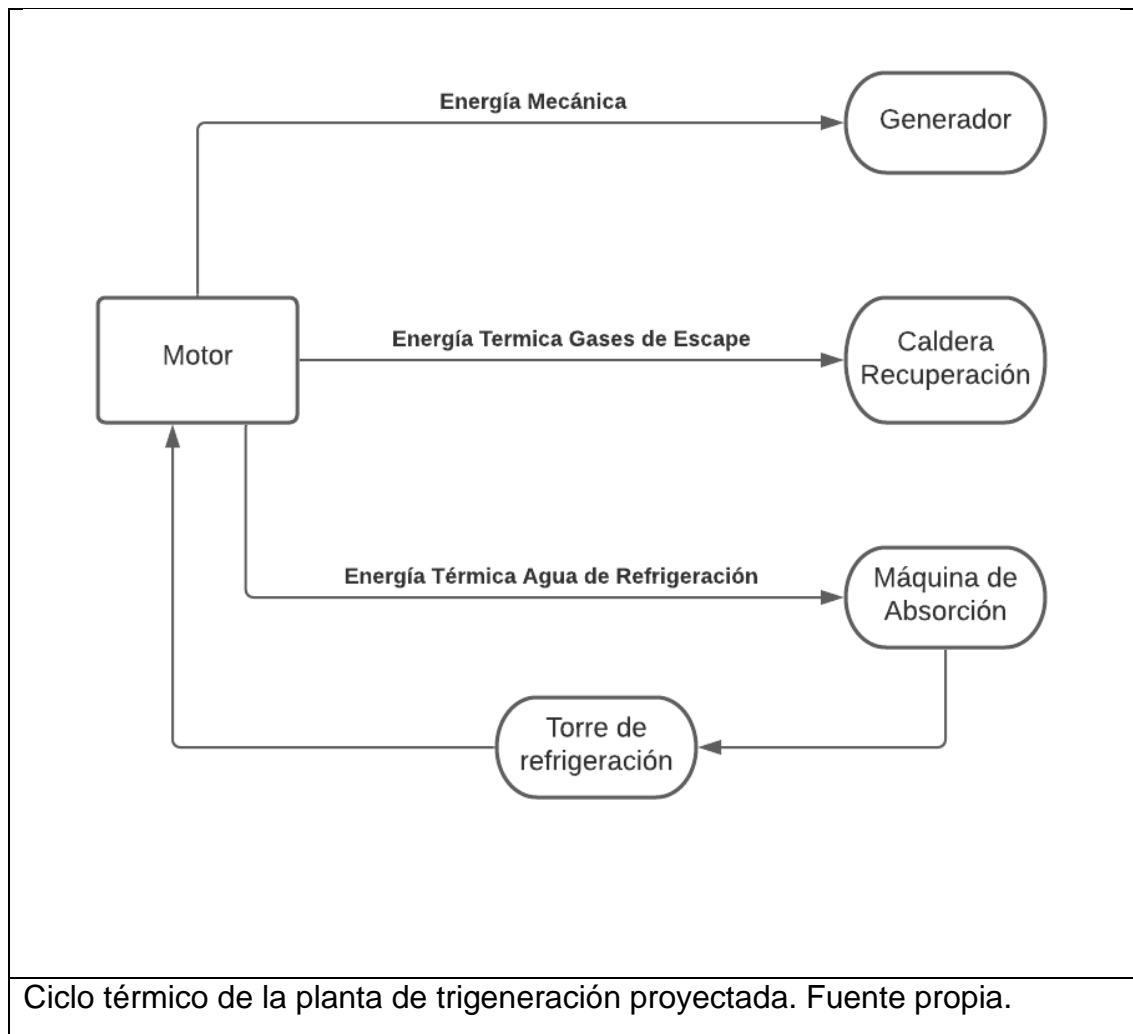
De D a A se produce un escape a volumen constante, en el instante en el que se abren las válvulas de escape en las culatas, y posteriormente de A a E se produce un escape de los gases a presión constante.

Aunque en la realidad el ciclo es diferente a la propuesta ideal, debido a:

1. Pérdidas de calor, en el ciclo real el calor que se produce en las cámaras de combustión se transmite a las paredes, que a su vez se disipan ya sea por convección, conducción, o radiación al ambiente lo que supone una importante pérdida.
2. Tiempo de apertura y cierre de las válvulas de admisión y de escape, en el ciclo ideal se supone que la apertura es instantánea pero en el ciclo real esto no es así ya que la apertura y cierre de estas lleva un tiempo, pero para poder contrarrestar esto, se lleva a cabo el adelanto de la apertura de éstas, y el retraso del cierre.
3. Combustión no instantánea, en el ciclo ideal se supone que la combustión es instantánea pero en el ciclo real esto no es así ya que la combustión dura un cierto tiempo, y si esta se iniciará cuando el pistón está en el PMS (punto muerto superior) la mayor parte de la combustión llegaría tarde, para ello, se lleva a cabo un adelanto de la chispa, para que así la mayor parte de la combustión se lleve a cabo en las proximidades del PMS.
4. Pérdidas por bombeo, en el ciclo teórico se supone que el fluido que entra y sale de la cámara de combustión, lo hace sin rozamiento, pero en realidad esto no es así lo que supone que el trabajo de expulsar e

[illegible]

La energía aportada por el gas natural tras haber llevado a cabo la reacción química es aprovechada en este caso para la producción de energía eléctrica, teniendo conectado a la salida del eje del motor un generador. Por otra parte, la energía de los gases de escape a la salida del turbo se aprovechará para la producción de vapor haciendo pasar los gases de escape a través de una caldera de recuperación. Además el motor cuenta con un circuito de refrigeración que se encarga de refrigerar las camisas y las culatas, este circuito será utilizado para aprovechar este calor para alimentar una máquina de absorción de bromuro de litio, que nos permitirá producir frío. Tras haber aprovechado gran parte del calor de esta agua de refrigeración para poder volver a utilizarla en la refrigeración del motor se llevará a una torre de refrigeración para terminar de ceder al ambiente la energía restante que se había absorbido en el motor.



## 2.4.2. Generador

### 2.4.2.1. ¿Qué son?

Los generadores síncronos son máquinas eléctricas síncronas cuya velocidad de rotación del rotor está vinculado a la frecuencia de la red, a través de la expresión:

$$n = \frac{60 f}{p}$$

Estas máquinas pueden funcionar tanto de motor como de generador, pero su empleo más habitual en la industria para instalaciones eléctricas es como generador de corriente alterna, a frecuencias de 50 Hz en Europa o 60 Hz en

América, en aplicaciones especiales esta frecuencia puede variar, como es en el caso de la aeronáutica para la reducción de pesos se opera a frecuencia más elevadas.

#### 2.4.2.2. Aspectos constructivos

Las máquinas síncronas están formadas por:

- Devanado inducido: Arrollamiento trifásico por donde circula corriente alterna.
- Devanado inductor: Arrollamiento alimentado por corriente continua que tiene la función de ser los polos de la máquina.

En máquinas de gran potencia, como en este caso, el devanado inducido se sitúa en el estator, que es la parte estática del generador que rodea al rotor, mientras que el devanado inductor se sitúa en el rotor, que es la parte del generador que gira acoplada a la fuente de energía mecánica.

Para poder funcionar el devanado inductor tiene que ser alimentado con corriente continua, a lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes métodos, pero en la actualidad el más utilizado para máquinas del rango de potencias de 1300 kVA, es el sistema Brushless.

#### 2.4.2.3. Sistema de excitación Brushless

El sistema Brushless, es un sistema que no requiere de escobillas que estén en contacto con el rotor para así alimentar el devanado inductor, sino que utiliza un sistema invertido al del generador principal, de modo que tiene un devanado inductor en el estator, que en conjunto con un devanado inducido en el rotor, que cuando este gira genera un corriente alterna que al pasar por rectificadores montados en el eje, la corriente alterna generada por estes pasa a ser corriente continua que alimenta al devanado inductor principal, que en conjunto con el devanado inducido principal son los encargados de generar la energía eléctrica necesaria para la industria.

Los devanados inducidos e inductores principales son de mayores dimensiones, ya que la energía que estos generan es mucho mayor que la energía del secundario, que la única función es alimentar al devanado inductor principal que requiere de menos energía.

#### 2.4.3. Caldera de recuperación

##### 2.4.3.1. ¿Qué es?

La caldera de recuperación es un elemento que nos permite el aprovechamiento del calor de los gases de escape, que salen de la cámara de combustión, debido a su elevada temperatura.

Su evacuación al exterior supondría una pérdida elevada de energía, lo que supondría una pérdida de eficiencia en la planta, por lo que se decide instalar una caldera de recuperación, que nos permite utilizar ese calor, en nuestro caso, para la creación de vapor, que posteriormente será utilizado para diversas aplicaciones en la industria.

Para llevar a cabo esta acción, la caldera se diseña conceptualmente como un intercambiador de calor en el que el fluido que aporta el calor son los gases de escape y el fluido que recibe el calor es el agua que posteriormente será vapor una vez realizada la transferencia.

##### 2.4.3.2. Partes

Si la caldera de recuperación fuese únicamente un intercambiador el proceso no sería del todo eficiente por lo que esta se divide en varias partes, siendo las partes principales:

- El vaporizador, se encarga de llevar el agua desde la temperatura de entrada, temperatura tras pasar por el economizador, del cual, hablaremos posteriormente, hasta la temperatura de saturación del vapor a esa presión, y así llevar a cabo el cambio de fase.
- El sobrecalentador o recalentador, es el encargado aumentar la

temperatura del vapor proveniente del vaporizador hasta la temperatura necesaria de servicio.

- El economizador, es un elemento situado a la salida de la caldera para llevar a cabo un último aprovechamiento de los gases de escape debido a que su temperatura aún es lo suficientemente alta como para ser rentable su aprovechamiento, ya que la temperatura de salida de la caldera de los gases puede rondar los 150 °C, siendo utilizada esta energía para precalentar el agua de alimentación de la caldera hasta un punto cercano a la temperatura de saturación del líquido, pero sin llegar a alcanzarla debido a que en este elemento el agua no puede comenzar a evaporarse ya que esto supondría un peligro para la instalación.

Además de estas partes la caldera puede contar con uno o varios atemperadores si se necesitan vapores a distintas condiciones, que es básicamente un intercambiador de calor en el que se introduce el vapor sobrecalentado o recalentado, y un fluido que absorbe el calor excedente, para conseguir las condiciones necesarias.

En adición la caldera necesita de bombas y condensadores para completar el ciclo, estando situado en este caso el condensador en la propia torre de refrigeración.

#### 2.4.4. Máquina de absorción

##### 2.4.4.1. ¿Qué es?

Una máquina de absorción es aquella que utiliza como fuente de energía, para absorber calor del foco frío para después cederlo en el foco caliente, el calor de un fluido auxiliar, evitando así la utilización de la energía eléctrica, es decir, toma calor del foco frío, para después junto con el calor aportado por el fluido auxiliar ceder todo este calor en el foco caliente.

Para llevar a cabo esta acción la máquina consta de un fluido refrigerante

que es el encargado de transportar el calor por la instalación, llevando a cabo varios cambios de fase a lo largo del ciclo, que posteriormente detallaremos; y de un absorbente, que es el encargado de absorber el vapor del fluido refrigerante una vez vuelve del evaporador para que este vuelva a estado líquido, que posteriormente se volverá a aplicar calor a la mezcla de ambos para así poder reutilizar de nuevo el absorbente, más adelante llevaremos a cabo una explicación de las partes que tiene el circuito de absorción.

Las combinaciones más comunes de refrigerante/absorbente son:  $\text{NH}_3 / \text{H}_2\text{O}$  y  $\text{H}_2\text{O}/\text{BrLi}$ , teniendo cada uno unas ciertas ventajas y unos ciertos inconvenientes, que expondremos a continuación.

#### 2.4.4.2. Tipos de absorción

##### 2.4.4.2.1. Bromuro de litio

El agua es la sustancia con mayor calor latente de evaporación y condensación que existe en la naturaleza, esto lo hace especialmente relevante en instalaciones de gran tamaño, debido a que la cantidad de fluido que tiene que pasar por los conductos es menor para tener el mismo efecto. El inconveniente que tiene utilizar agua como refrigerante es que la temperatura de evaporación debe ser mayor a  $0^\circ\text{C}$ , por lo que las temperaturas de trabajo normales suelen ser superiores a  $4^\circ\text{C}$ , lo que hace que para refrigeraciones por debajo de esas temperaturas se deban utilizar otros conjuntos de refrigerante/absorbedor, como el  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ , que permite bajar la temperatura del refrigerante por debajo de  $0^\circ\text{C}$ .

##### 2.4.4.2.2. Amoníaco

El amoníaco al tener un punto de solidificación a  $-77^\circ\text{C}$ , permite obtener refrigeraciones a temperaturas menores que con el Agua/Bromuro de litio, ya que en este caso el amoníaco actúa como refrigerante.

#### 2.4.4.2.3. Elección para el proyecto

Para esta aplicación vamos a utilizar la combinación de Agua/Bromuro de Litio, debido a que para la alimentación de la extrusora con una temperatura de 5°C debería ser suficiente, además de tener las siguientes ventajas:

- Las sustancias del circuito ni son tóxicas, ni son inflamables
- No es necesaria una rectificación del vapor a la salida del generador, ya que la separación de por sí genera una corriente de agua pura.
- Tiene un COP mayor que la combinación de Amoniaco/Agua.

#### 2.4.4.3. Partes

- Generador

Este componente tiene la función de recibir el calor procedente del fluido auxiliar y aplicarlo a la mezcla de refrigerante y absorbedor para que el refrigerante se evapore y el absorbedor se quede diluido para posteriormente pasarlo al absorbedor.

- Absorbedor

Es uno de los componentes más importantes de las máquinas de absorción, en este se ponen en contacto el vapor del refrigerante con el absorbedor, al llevar a cabo este contacto se produce una reacción exotérmica en la que el refrigerante pasa a estado líquido en conjunto con el absorbente. Para disipar este calor debido a la reacción exotérmica se hace pasar por dentro del absorbedor un flujo de agua que posteriormente se dirige a la torre de refrigeración.

- Condensador

Este es un intercambiador de calor donde el vapor de agua procedente del generador se refrigera para condensarlo y posteriormente recoger el condensado y enviarlo al evaporador.

Este suele estar refrigerado por un flujo de agua que posteriormente se envía a la torre de refrigeración.



- Evaporador

Este es un intercambiador de calor en el cual el refrigerante, que en nuestro caso es agua, se expande hasta llegar a una presión tan baja en la que el refrigerante cambia de estado a gas, llevando a cabo así una absorción de calor, lo que produce un enfriamiento del lugar en el que se encuentran, y que se aprovecha para enfriar en nuestro caso agua que se introducirá en las extrusoras.

#### 2.4.5. Torre de refrigeración

##### 2.4.5.1. ¿Qué es?

Una torre de refrigeración es un dispositivo que se basa en el enfriamiento evaporativo, evacuando a la atmósfera el calor excedente de los distintos dispositivos que generan calor en la industria y que hay que refrigerar.

Para llevar a cabo la refrigeración se pone en contacto el agua a refrigerar con una corriente de aire en un intercambiador de calor. El funcionamiento se basa en la pulverización del agua a refrigerar en lo alto de la torre cayendo ésta en el relleno de la torre, donde esta entra en contacto con la corriente de aire proveniente de la base de la torre.

##### 2.4.5.2. Partes

- Relleno o serpentín de intercambio de calor

Dispositivo situado en el interior de la torre de refrigeración que tiene la función de aumentar la superficie en contacto del agua a refrigerar con la corriente de aire proveniente de la base de la torre. Además de aumentar la superficie en contacto también tiene la función de aumentar el tiempo que estos están en contacto. La finalidad de este dispositivo es el aumento de la eficiencia de la torre.

- Sistema de distribución de agua

Dispositivo formado por tuberías y boquillas encargado de distribuir el agua

que enfría el relleno o serpentín.

- Separador de gotas

Dispositivo encargado de retener las gotas de agua que son arrastradas por la corriente de aire.

- Estructura

Dispositivo de contención y soporte de la torre. Los materiales de fabricación son principalmente chapa metálica, fibra de vidrio o cemento.

#### 2.4.5.3. Tipos

Dependiendo del tipo de circuito utilizado, las torres de refrigeración pueden ser:

- De circuito abierto: Donde el agua que se pulveriza en lo alto y que posteriormente recogeremos en la base lleva a cabo la refrigeración de los distintos dispositivos de la industria.
- De circuito cerrado: Donde el relleno es un serpentín por donde circula el agua que utilizamos para refrigerar los distintos dispositivos de la industria. El agua que se pulveriza en lo alto de la torre y que posteriormente precipita en la base tiene la única función de absorber y liberar a la atmósfera el calor del serpentín.

Dependiendo del tiro, las torres de refrigeración pueden ser:

- Tiro natural: la circulación del aire se debe a las corrientes de convección creadas en el interior de la chimenea, que fuerza la entrada de aire frío por la base de la chimenea mientras se evacua aire caliente por la parte alta de la chimenea.
- Tiro mecánico: La circulación del aire se produce debido a la utilización de ventiladores. Si los ventiladores están situados en la parte baja de la torre impulsando el aire al interior de la torre, son de tiro forzado, y si los ventiladores están situados en la parte alta de la torre extrayendo el aire del interior, son de tiro inducido.

#### 2.4.5.4. Tratamiento de aguas

Debido a que una parte del agua se evapora para llevar a cabo la extracción de energía térmica del sistema, se debe llevar a cabo una reposición de agua, que en comparación con la que está en circulación es de mayor calidad, ya que el agua que está en circulación sufre ciertos factores que hacen que su calidad empeore. Estos factores son:

- Contaminación debido al contacto directo con el aire, que puede contener materia orgánica y suciedad.
- Contaminación debido al contacto directo con el equipo que se refrigera.
- Aumento de la concentración de las sales y de los elementos contaminantes debido a la continua evaporación del agua lo que provoca que estos elementos permanezcan en la cantidad de agua restante mientras que parte del agua se ha perdido.
- Crecimiento de algas y aumento de la carga bacteriana, siendo una de ellas la legionella.

Si esto no se tiene en cuenta y no se lleva a cabo un buen tratamiento de las aguas, esto producirá fenómenos negativos, que pueden ser:

- Incrustaciones: producirían en primer lugar la aparición de una película que reduciría el rendimiento del proceso de intercambio de calor, y si esto no se soluciona podría llegar a provocar la obstrucción completa del sistema.
- Corrosión: produciría una reducción de la vida útil del sistema, llegando a poder producir paradas de mantenimiento para el saneamiento de ésta en periodos de tiempo no programados.
- Algas, biopelículas, y bacterias que pueden producir problemas de eficiencia del proceso de intercambio de calor, obstruir el sistema, y problemas de salud, como la proliferación de la legionella, un problema de salud muy grave que a día de hoy la ley exige su tratamiento.

Para controlar esto se debe llevar a cabo un mantenimiento mediante la

aplicación de antiincrustantes, antioxidantes, dispersantes, sustancias químicas para la limpieza y tratamiento de las instalaciones, en caso concreto de la legionella debe aplicarse un biocida en el agua en circulación.

## 2.5. Trigeneración

Las transformaciones de energía química a energía mecánica siempre han tenido unos rendimientos relativamente bajos, con los desarrollos tecnológicos estos han ido aumentando, pero sin llegar a una cifra aceptable desde el punto de vista económico (alrededor de un 38-40%), por ello las diferentes industrias han intentado mejorarlos con diferentes métodos, uno de ellos es la cogeneración.

La cogeneración se basa en el aprovechamiento de la energía térmica desprendida, por un motor de combustión interna como es en este caso, para la producción de vapor que pueda ser utilizado para:

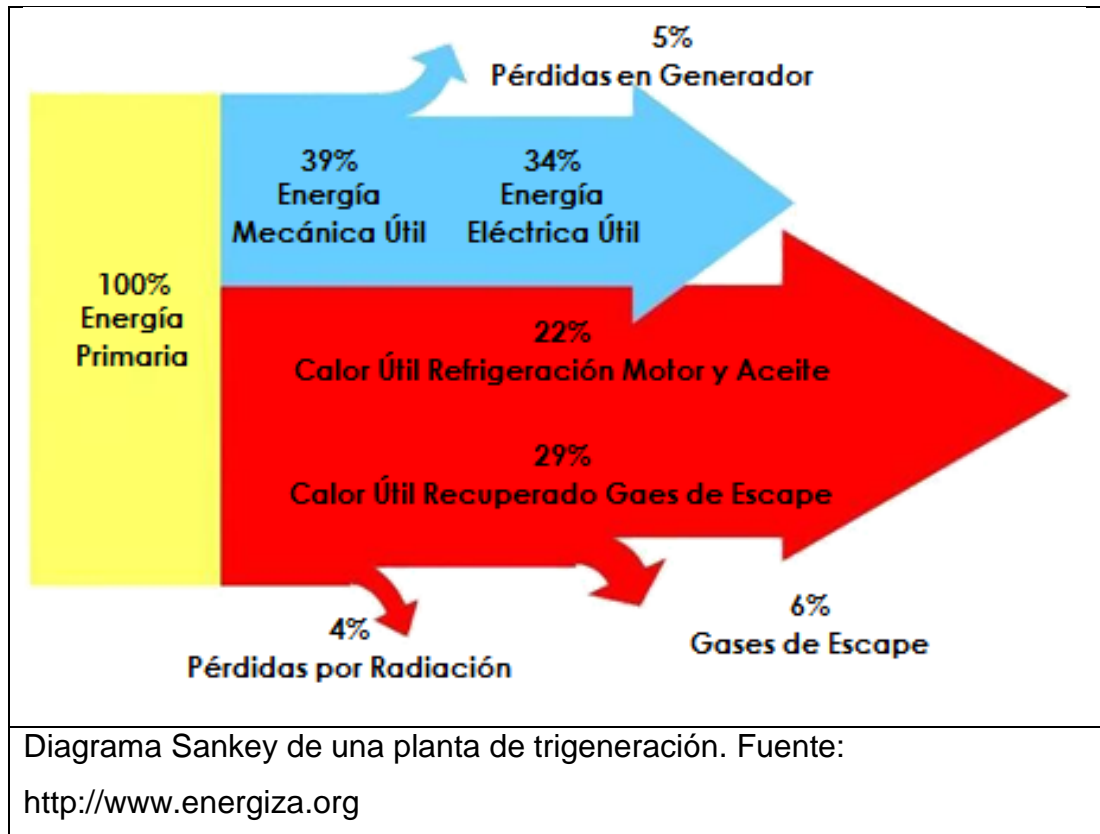
- Obtención de energía eléctrica, si el vapor se utiliza para mover una turbina conectada mecánicamente a un generador.
- Obtención de energía mecánica si esta turbina se acopla a un útil mecánico que realice un trabajo para la industria.
- Uso directo: esterilización de equipos, para CIP (Cleaning In Place), para limpieza en general, etc.

Las siglas CIP hacen referencia a la limpieza de equipos sin desmontaje, a través de la utilización de vapor para la limpieza de tanques, tuberías, y otros enseres.

Con esto el aprovechamiento de la energía química aportada por el combustible es mayor. Si a parte de la cogeneración, además aprovechamos parte de la energía térmica aportada por el combustible para la generación de frío conseguimos que este rendimiento aumente aún mayor, siendo así una trigeneración, teniendo este tipo de plantas un rendimiento cercano al 85%.

### 2.5.1. Diagrama Sankey

Para la representación del aprovechamiento de energía en las plantas de trigeneración se utiliza este diagrama, ya que permite mostrar a donde va cada porción de energía, por ejemplo:



En este diagrama podemos observar a dónde va cada parte de la energía aportada por la reacción química en un motor de combustión de una planta de trigeneración.

### 2.6. Anexos

#### 2.6.1. Anexo de Equipos

- Grupo Generador

Como elemento generador tenemos el grupo generador proporcionado por caterpillar, modelo G3516. Este consta de 16 cilindros en V con un diámetro de camisa de 6,7 pulgadas y 7,5 pulgadas de carrera, que en el sistema

internacional son: 0,170 metros de diámetro de camisa y 0,1905 metros de carrera. Además este cuenta con una admisión sobrealimentada con turbocargador y aftercooler. Otro aspecto importante es que este cuenta con una relación de compresión de 11:1.

<b>G3516 GAS GENERATOR SET</b>		<b>CATERPILLAR®</b>
<b>TECHNICAL DATA</b>		
<b>G3516 LE Standby Power Gas Generator Sets</b>		
Power Rating @ 0.8 PF without Fan	ekW kV-A	1040 1300
Generator Frame Size		693
Engine Lubricating Oil Capacity	gal	106
System Backpressure (Max Allowable)	in water	27
Exhaust Flange Size — (Internal Diameter)	in	7.1
Length	in	187.9
Width	in	86.8
Height	in	79.2
Shipping Weight	lbs	20 560
Engine Coolant Capacity with Radiator	gal	
100% Load		
Fuel Consumption (100% load) with Fan per ISO3046/1: +5%, -0% tolerance	BTU/bhp-hr	7899
Motor Starting (35% voltage dip)	SkVA (volt)	2626 (480)
Combustion Air Inlet Flow Rate	ft³/min	3435
Exhaust Gas Flow Rate (at stack temp)	ft³/min	8583
Heat Rejection to Aftercooler	BTU/min	9746
Heat Rejection to Exhaust (total)	BTU/min	54 853
Heat Rejection to Jacket Water (total)	BTU/min	58 557
Heat Rejection to Atmosphere from Engine	BTU/min	7155
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	BTU/min	2821
Exhaust Gas Stack Temperature	Deg F	1603
Deration for Engine		
Altitude – 3.5% per 500 feet above	ft	4000
2% per 10° F above	Deg F	77
* Note: For permitting see TMI data.		
Datos técnicos del grupo generador. Fuente: <a href="https://www.cat.com/es_ES.html">https://www.cat.com/es_ES.html</a>		

En relación al generador tenemos el Caterpillar SR4B, que es un generador que cuenta con las siguientes características:

### **CATERPILLAR® SR4B GENERATOR**

Type . . . . .	Static regulator, brushless excited
Construction . . . . .	Single bearing, close coupled
Three phase . . . . .	Wye connected
Insulation . . . . .	Class H
Enclosure . . . . .	Drip proof IP/22, guarded
Alignment . . . . .	Caterpillar pilot shaft
Overspeed capability . . . . .	150%
Waveform . . . . .	Less than 5% deviation
Voltage regulator . . . . .	3-phase sensing with Volts-per-Hertz response
Voltage regulation . . . . .	Less than $\pm 1\%$
Voltage gain . . . . .	Adjustable to compensate for engine speed droop and line loss
TIF . . . . .	Less than 50
THF . . . . .	Less than 5%

Datos del generador eléctrico. Fuente: [https://www.cat.com/es\\_ES.html](https://www.cat.com/es_ES.html)

- Grupo de absorción

Para el grupo de absorción contamos con la máquina de absorción de bromuro de litio proporcionada por la empresa York, en su modelo YIA-HW-3B3-50-a. HW debido a que trabaja con agua caliente (Hot Water), 3B3 es el tamaño de la máquina dentro del rango de modelos que dispone la empresa, que posteriormente veremos, 50, debido a que trabaja con electricidad a 50 Hz, y a es el nivel de diseño. A continuación podemos observar la variedad

de modelos de los que dispone la empresa York en lo que se refiere a plantas de absorción:

## Single stage hot water or steam powered absorption chiller

YIA



### Nominal capacity

YIA Model	1A1	1A2	2A3	2A4	2B1	3B2	3B3	4B4	4C1	5C2	5C3
Cooling Capacity kW	280	321	406	465	506	606	674	757	760	928	1048
EER (low temperature hot water)	0,61	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,68	0,69	0,61

YIA Model	6C4	7D1	7D2	8D3	8E1	9E2	10E3	12F1	13F2	14F3
Cooling Capacity kW	1145	1253	1415	1535	1885	2090	2265	2675	2940	3150
EER (low temperature hot water)	0,68	0,68	0,68	0,68	0,70	0,70	0,69	0,70	0,71	0,69

At 7°C leaving chilled water, 95°C entering generator water, and 29.4°C entering condenser water.

### Technical data

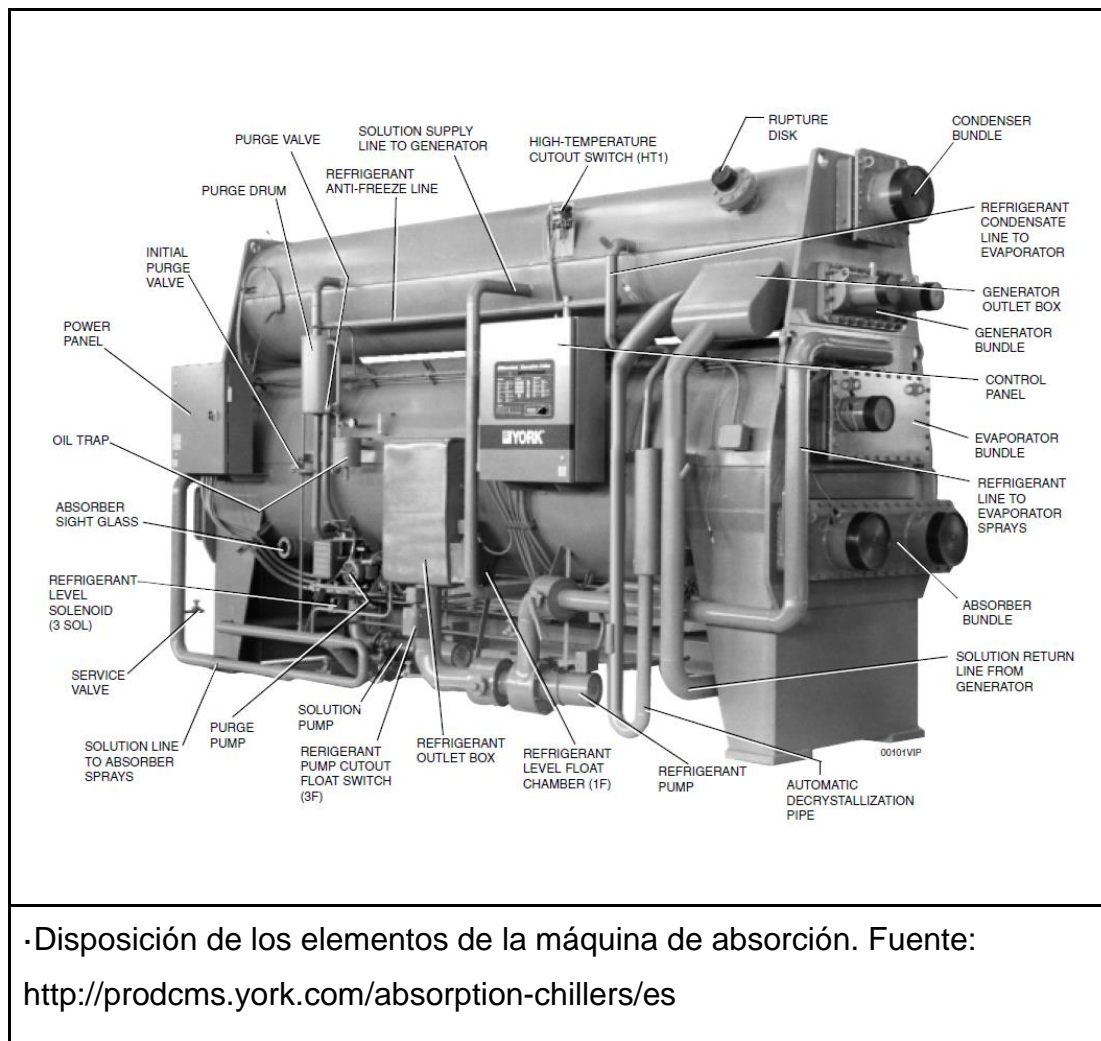
YIA Model			1A1	1A2	2A3	2A4	2B1	3B2	3B3	4B4	4C1	5C2	5C3
Dimensions	Length	mm	3720	4330	4940	5550	4940	5550	6160	6770	5550	6160	6770
	Width	mm	1760	1420			1580			1770			
	Height	mm	2320			2640			3020				
Operating weight kg			4950	5500	6130	6590	7900	8540	9490	10490	11400	12260	13620

YIA Model			6C4	7D1	7D2	8D3	8E1	9E2	10E3	12F1	13F2	14F3
Dimensions	Length	mm	7530	6160	6770	7530	6870	7630		8390		9150
	Width	mm	1770	2110	1670	2110	2290		2480			
	Height	mm	3020	3540			3840		4240			
Operating weight kg			14760	17890	19840	21800	24110	26830	29790	35550	39050	41140

Datos técnicos de la máquina de absorción de bromuro de litio. Fuente:  
<http://prodcms.york.com/absorption-chillers/es>

Además la empresa York proporciona un plano en el que aparece la disposición de los elementos del equipo de absorción:





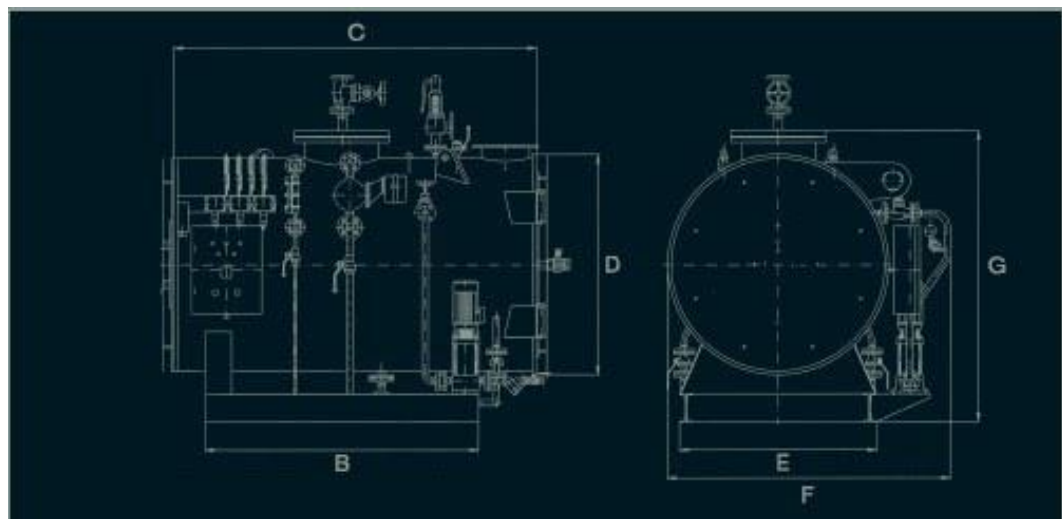
#### - Caldera de recuperación

Para la recuperación de calor de los gases de escape contamos con la caldera pirotubular proporcionada por la empresa Olmar, esta es una caldera pirotubular horizontal de 3 pases con una capacidad de hasta 1600 kW. El modelo es el OLC-1600. Para esta aplicación se prescindirá del quemador que ésta tiene incorporado. Las especificaciones son las siguientes:

TIPO	PRODUCCIÓN			DIMENSIONES							CONEXIONES			PESO	
				LONGITUD TOTAL -A-	LONGITUD BASE -B-	LONGITUD CUERPO -C-	DIÁMETRO CUERPO -D-	ANCHO BASE -E-	ANCHO TOTAL	ALTURA -F-	SALIDA VAPOR	ENTRADA AGUA	DIÁMETRO CHIMENEA	PESO EN VACÍO	PESO PH
	kg./h.	kcal/h.	kw.	metros							milímetros			Tm.	
OL-500	500	331000	385	2,50	1,15	1,66	1,30	1,11	1,77	1,80	32	32	273	2,5	3
OL-700	700	463400	539	2,90	1,60	2,10	1,30	1,11	1,54	1,80	40	32	273	3,2	4,3
OL-1200	1200	794400	924	3,33	1,75	2,44	1,46	1,32	1,73	1,96	50	32	356	3,8	5,2
OL-1600	1600	1059200	1232	3,58	2,00	2,67	1,46	1,32	1,73	1,96	65	32	356	4	5,5
OL-2000	2000	1324000	1540	4,20	2,46	3,20	1,66	1,45	2,2	2,15	65	32	356	5,1	7,4
OL-2500	2500	1655000	1924	4,50	2,66	3,40	1,76	1,55	2,4	2,30	65	32	406	5,5	8,8

Datos técnicos de las calderas de recuperación. Fuente:

<https://www.olmar.com/es/generadores-ol-olc/>



Dimensiones de la caldera. Fuente:

<https://www.olmar.com/es/generadores-ol-olc/>

- Torres de refrigeración

Para la refrigeración de la instalación se utilizarán 4 unidades de las torres de refrigeración IDW-9124 de Intersam, que cuentan con las siguientes características:

Modelo IDW 9124		
Capacidad nominal	kW	525
Temperatura de entrada del aire	°C	30,7
Temperatura salida del aire	°C	36
Humedad relativa	%	40
Altitud	m	0
Fluido		Agua
Temperatura de entrada del fluido	°C	35
Temperatura de salida del fluido	°C	29,7
Caudal de flujo	m <sup>3</sup> /h	87
Caída de presión del flujo	kPa	17
Caudal del aire	m <sup>3</sup> /h	274700
Ventiladores	mm	12 x 910
Entrada		400V/3Fases/50Hz
RPM	%	100
Velocidad del ventilador	1/min	1000
Potencia sonora	dB	93
Potencia total absorbida	W	34560
Superficie	m <sup>2</sup>	2998,1
Volumen interno	dm <sup>3</sup>	320,2
Paso entre aletas	mm	2,1
Peso	kg	4900
Conexiones de entrada	mm	2 x 3 1/8"
Conexiones de salida	mm	2 x 3 1/8"
Tubos		Cobre
Aletas		Aluminio
Largo	mm	7195

Ancho	mm	2765
Alto	mm	2360
Presión máxima de trabajo	bar	6
Especificaciones de las torres de refrigeración. Fuente: <a href="http://www.intersam.es">www.intersam.es</a> .		

- Bombas

Para el circuito de refrigeración contamos con dos tipos de bombas: las NB 50-200/219 AF2ABQQE, y las NB 100-200/219 AF2ABQQE.

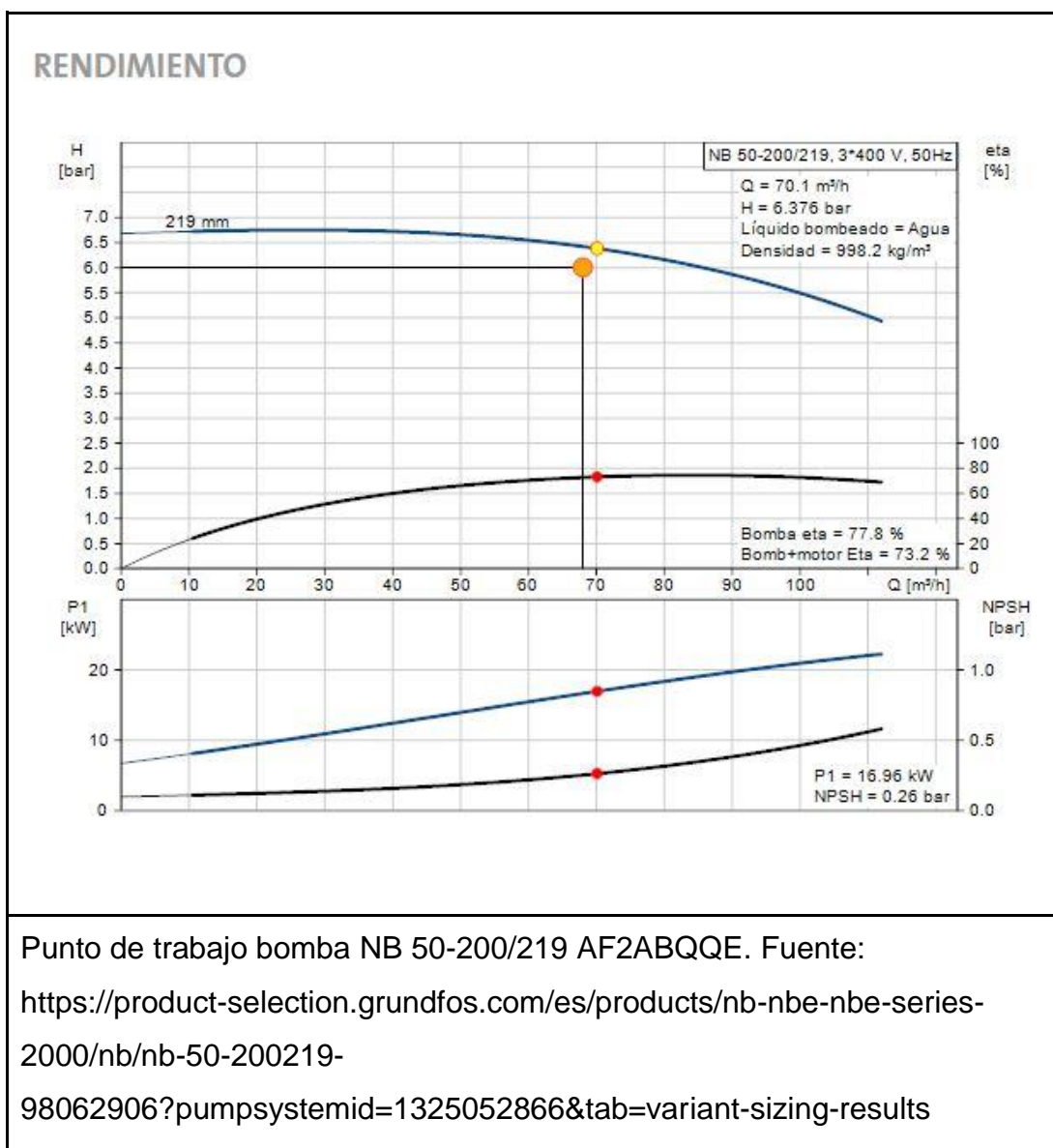
Las NB 50-200/219 AF2ABQQE, tienen las siguientes características:

Producto	NB 50-200/219 AF2ABQQE
Código	98062906
Número EAN	5710628342097
Precio	EUR 5696
<b>Técnico</b>	
Velocidad predeterminada	2950 rpm
Caudal real calculado	70.1 m³/h
Altura resultante de la bomba	6.376 bar
Altura máxima	6.392 bar
Diámetro real del impulsor	219 mm
Diámetro nominal del impulsor	200 mm
Disp. de cierre	Single
Diámetro del eje	24 mm
Código del cierre	BQQE
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba	A

Diseño rodamiento	Standard
<b>Materiales</b>	
Cuerpo hidráulico	Fundición
Carcasa de la bomba	EN-GJL-250
ASTM class 35	
Mat. de anillo de desgaste	Latón
Impulsor	Fundición
EN-GJL-200	
ASTM class 30	
Eje	Stainless steel
EN 1.4301	
AISI 304	
Internal pump house coating	CED
Código de material	A
Código para caucho	E
<b>Instalación</b>	
Maximum ambient temperature	60 °C
Presión de trabajo máxima	16 bar
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Tamaño de la conexión de entrada	DN 65
Tamaño de la conexión de salida	DN 50
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Presión nominal para la conexión	PN 16
Lubricación de rodamiento	Grease
Carcasa de bomba con pie	No
Bloque de soporte	N
Código de conexión	F2

<b>Líquido</b>	
Líquido bombeado	Agua
Rango de temperatura del líquido	-25 .. 120 °C
Densidad	998.2 kg/m <sup>3</sup>
Especificaciones bomba NB 50-200/219 AF2ABQQE. Fuente: <a href="https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-50-200219-98062906?pumpsystemid=1325052866&amp;tab=variant-sizing-results">https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-50-200219-98062906?pumpsystemid=1325052866&amp;tab=variant-sizing-results</a>	

Además se ha obtenido el diagrama con el punto de trabajo de la bomba:



Las NB 100-200/219 AF2ABQQE, tienen las siguientes características:

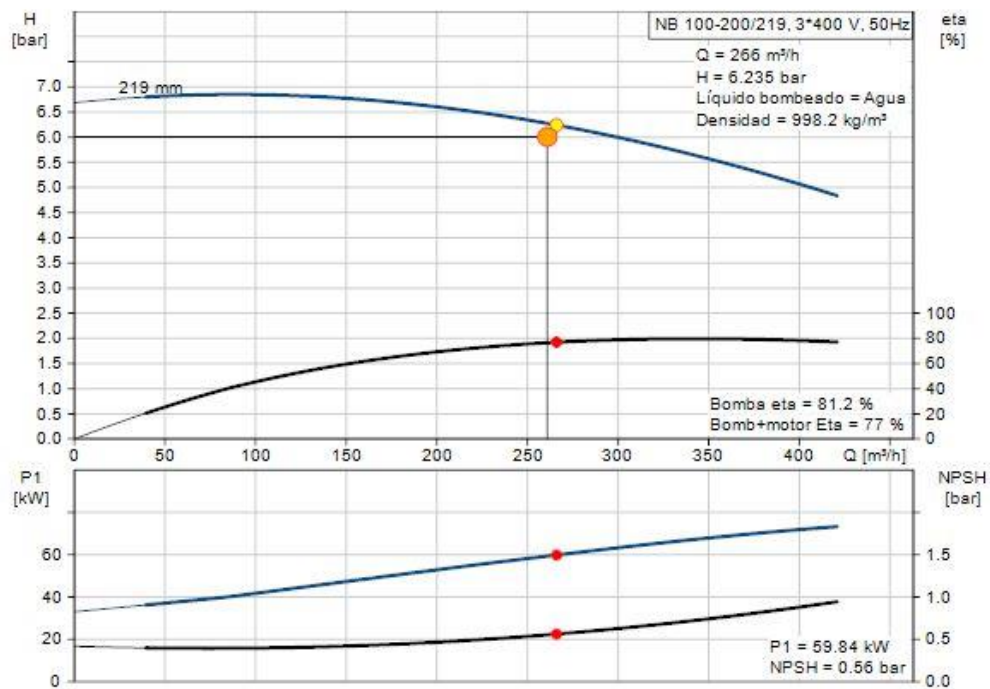
Producto	NB 100-200/219 AF2ABQQE
Código	98707456
Número EAN	5712600245662
Precio	EUR 13233
<b>Técnico</b>	
Velocidad predeterminada	2975 rpm
Caudal real calculado	274.9 m³/h
Altura resultante de la bomba	6.175 bar
Altura máxima	6.441 bar
Diámetro real del impulsor	219 mm
Diámetro nominal del impulsor	200 mm
Disp. de cierre	Single
Diámetro del eje	32 mm
Código del cierre	BQQE
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba	A
Diseño rodamiento	Standard
<b>Materiales</b>	
Cuerpo hidráulico	Fundición
Carcasa de la bomba	EN-GJL-250
	ASTM class 35
Mat. de anillo de desgaste	Latón
Impulsor	Fundición
	EN-GJL-200
	ASTM class 30

Eje	Stainless steel
	EN 1.4301
	AISI 304
Internal pump house coating	CED
Código de material	A
Código para caucho	E
<b>Instalación</b>	
Maximum ambient temperature	55 °C
Presión de trabajo máxima	16 bar
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Tamaño de la conexión de entrada	DN 125
Tamaño de la conexión de salida	DN 100
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Presión nominal para la conexión	PN 16
Lubricación de rodamiento	Grease
Carcasa de bomba con pie	Yes
Bloque de soporte	N
Código de conexión	F2
<b>Líquido</b>	
Líquido bombeado	Agua
Rango de temperatura del líquido	-25 .. 120 °C
Densidad	998.2 kg/m <sup>3</sup>
Especificaciones bomba NB 100-200/219 AF2ABQQE. Fuente: <a href="https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-100-200219-98707456?pumpsystemid=1324123913&amp;tab=variant-sizing-results">https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-100-200219-98707456?pumpsystemid=1324123913&amp;tab=variant-sizing-results</a>	

Además se ha obtenido el diagrama con el punto de trabajo de la bomba:



## RENDIMIENTO



Punto de trabajo bomba NB 100-200/219 AF2ABQQE. Fuente:  
<https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-100-200219-98707456?pumpsystemid=1324123913&tab=variant-sizing-results>

### 2.6.2. Anexo de Cálculos

Para llevar a cabo el cálculo de la instalación partimos de que el motor es la fuente de energía para los procesos auxiliares, como la recuperación del calor de los gases de escape a través de la caldera de vapor piro-tubular, y el aprovechamiento del calor del agua de refrigeración de alta temperatura del motor para la alimentación de una máquina de absorción de bromuro de litio.

Tras tener este concepto claro procedemos a la obtención de datos de la ficha técnica del motor, de la cual los datos más importantes para llevar a

cabo la selección de las máquinas son:

- Calor emitido a través de los gases de escape, que es de 963,904 kW.
  - Calor emitido a través del agua de refrigeración del circuito de alta temperatura, que es de 1028,99 kW.
- Caldera de recuperación

Teniendo el calor emitido a través de los gases en kW ya se podría pasar a la elección de la caldera que en este caso sería la OL-1600 ya que tiene una producción máxima de 1232 kW, mientras que la siguiente más pequeña es la OL-1200 tiene una producción máxima de 924 kW, por lo que en caso de necesitar la máxima producción con el calor emitido por el motor ésta se quedaría corta.

Para poder confirmar que esa es la caldera adecuada procedemos al cálculo de la cantidad de vapor que se puede producir con el calor aportado por el motor.

Esta cantidad se puede obtener teniendo las condiciones en las que se va a producir el vapor, en nuestro caso vamos a partir de agua a 13 °C y 10 bares manométricos, cuya entalpía es de 54,2 kJ/kg, y vamos a elevar su temperatura hasta la temperatura de vapor saturado a 10 bares manométricos, que es 184,06 °C, donde la entalpía es 2781,5 kJ/kg.

Teniendo que el calor aportado por el motor es de 963,904 kW, que por definición 1 W es 1 J/s, podemos obtener la cantidad de vapor generado de la fórmula:

$$Q = \dot{m} * \Delta h$$

$\Delta h$ = Variación de las entalpías

$\dot{m}$ = Flujo Másico

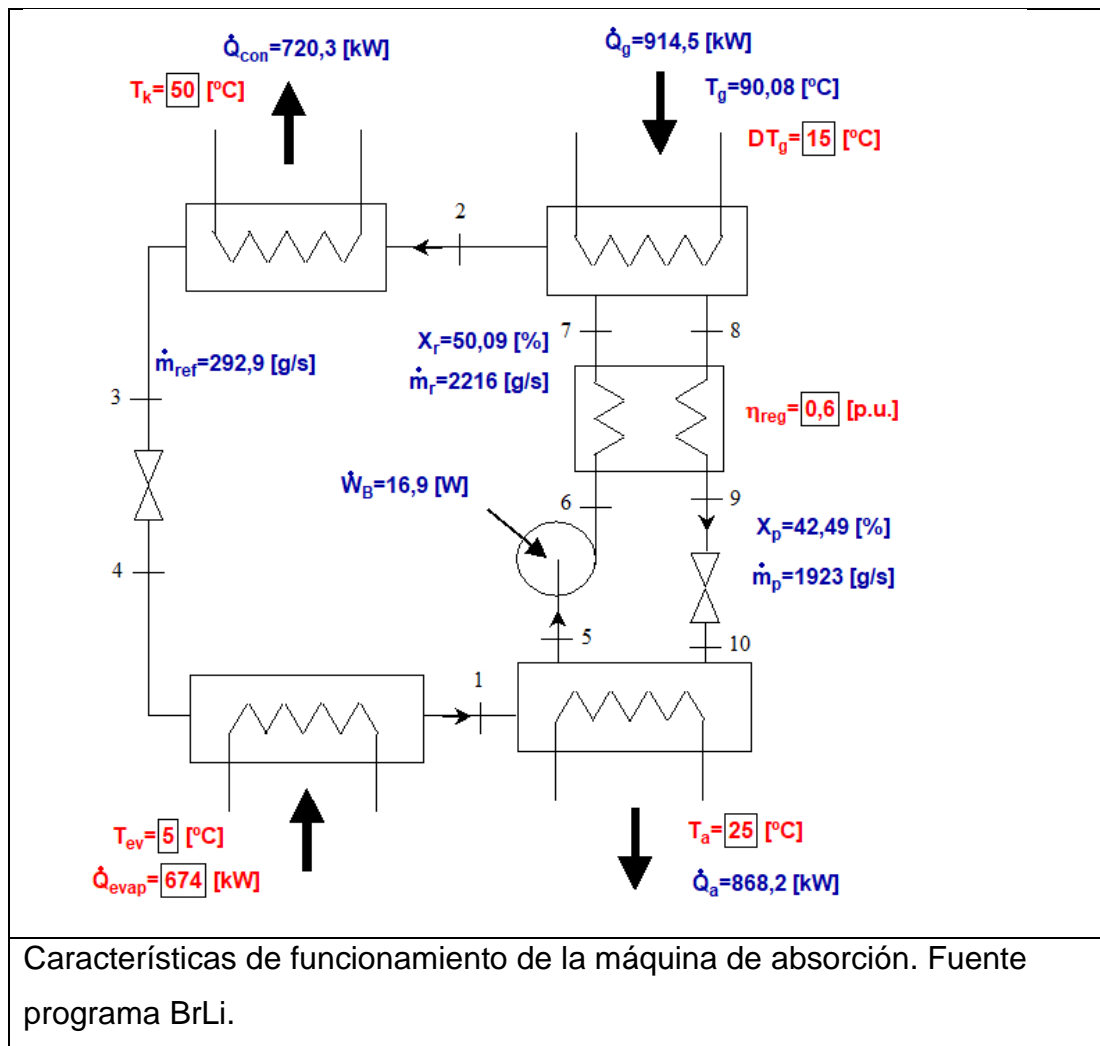
Q= Calor necesario

De esta expresión obtenemos tras aplicar un rendimiento del 95% que el flujo másico es de 0,3354 kg/s, que son 1208,73 kg/h de vapor saturado, por lo que coincide dentro del rango de trabajo de la caldera, que en la hoja de especificaciones declara 1600 kg/h, mientras que de la siguiente más pequeña se queda fuera ya que declara 1200 kg/h.

De esta forma confirmamos que la caldera a elegir, para llevar a cabo la máxima producción, es la OL-1600.

- Máquina de absorción

Para llevar a cabo la elección de la máquina de absorción de bromuro de litio y las condiciones de funcionamiento recurriremos al programa EES, en el que contamos con una simulación de condiciones que nos permite ajustar las condiciones de funcionamiento y obtener los requerimiento de calor aportado y refrigeración necesaria.



Tras haber llevado a cabo la simulación se ha llegado a la conclusión de que en este caso concreto para la York HW 3B3 50, necesitamos que el motor aporte 914,5 kW, lo cual se encuentra dentro de rango, ya que este a través del agua de refrigeración llega a aportar 1028,992 kW, que suponiendo unas pérdidas del orden del 5%, serán 977,54 kW reales, además gracias a este programa obtenemos que necesitamos extraer del condensador 720,3 kW y que del absorbedor tenemos que extraer 868,2 kW, teniendo en cuenta que en el condensador se va a mantener una temperatura de 50 °C, y en el absorbedor una temperatura de 25 °C.

- Torres de refrigeración

Teniendo estos datos podemos pasar a el cálculo de las torres de refrigeración, que en este caso van a ser las Intersam IDW-9124 B RWP EC, cuya capacidad nominal es de 525 kW, ya que teniendo en cuenta que en total se necesitan refrigerar 1651,54 kW, que teniendo en cuenta las pérdidas que se producirán del orden del 5%, serán 1496,25 kW. Por lo que con tres unidades de estas torres nos permitirían cumplir las especificaciones. Por motivos de seguridad se equipará una torre adicional, por si se produjese cualquier tipo de imprevisto que dejase una torre disfuncional, que la planta pueda seguir funcionando sin ningún riesgo, además esta torre adicional permitiría la realización de operaciones de mantenimiento a las torres sin necesidad de para la planta.

#### - Bombas

Para llevar a cabo el cálculo de las bombas, podemos diferenciar: el circuito de agua que va del motor a la máquina de absorción y regresa, y el circuito encargado de circular el agua por las torres de refrigeración.

Para llevar a cabo el cálculo de las caídas de presión en los circuitos se ha utilizado el programa proporcionado por la empresa TLV, y para la selección de las bombas el software de la empresa Grundfos.

Para el primer circuito tenemos, que tras haber realizado las mediciones de las tuberías, y el número de accesorios que el circuito cuenta, que la longitud equivalente del circuito en metros es de 50,2 metros. Todo esto partiendo de que las torres necesitan en conjunto 68 metros cúbicos a la hora de caudal nominal, que van a trabajar a 6 bar de presión, y el diámetro nominal de la tubería va a ser DN50.

**Introducir Datos**

Unidades
SI(bar)

Grado de Tubería	DIN 2448	
Tamaño de Tubería	DN50	
Diámetro Interno Tubería	54.5	mm
Longitud de la Tubería [?]	10	m
Válvulas de Flujo Cerradas (ej. Globo) (Cant) [?]	0	
Válvulas de Flujo Instaladas (ej. Comp) (Cant) [?]	6	
Válvulas Check (Cant) [?]	4	
Codos (Cant)	4	
Rugosidad Interna de la Tubería [?]	0.05	mm
Rango de Flujo del Líquido	68	m³/h

Ocultar Opciones Avanzadas

Calcular

Limpiar

**Resultados**

Caída de Presión	6.06293	bar
Velocidad del Agua	8.09699	m/s
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50.1855	m

Calculo de las características principales del circuito de refrigeración del motor a la máquina de absorción. Fuente:  
<https://www.tlv.com/global/LA/calculator/water-pressure-loss-through-piping.html?advanced=on>

Además de la longitud equivalente podemos sacar que la caída de presión, teniendo en cuenta que la rugosidad será de 0,5 mm, que será de 6,06 bar, teniendo así una velocidad del agua de 8,10 m/s.

Teniendo estos resultados pasamos a introducirlos en la aplicación de selección de bombas de Grundfos, la cual nos recomienda la utilización de la bomba: NB 50-200/219 AF2ABQQE, que nos proporcionará una presión máxima de trabajo de 16 bar y 70,1 metros cúbicos a la hora de caudal nominal, lo que hace que ésta sea la elección para este circuito.

Para el segundo circuito tenemos, que tras haber realizado las mediciones de las tuberías, y el número de accesorios que el circuito cuenta, que la longitud equivalente del circuito en metros es de 140,9 metros. Todo esto partiendo de que las torres necesitan en conjunto 261 metros cúbicos a la hora de caudal nominal, que van a trabajar a 6 bar de presión, y el diámetro nominal de la tubería va a ser DN100.

**Introducir Datos**

Unidades
SI(bar)

Grado de Tubería	DIN 2448	
Tamaño de Tubería	DN100	
Diámetro Interno Tubería	107.1	mm
Longitud de la Tubería [?]	46	m
Válvulas de Flujo Cerradas (ej. Globo) (Cant) [?]	0	
Válvulas de Flujo Instaladas (ej. Comp) (Cant) [?]	16	
Válvulas Check (Cant) [?]	0	
Codos (Cant)	12	
Rugosidad Interna de la Tubería [?]	0.05	mm
Rango de Flujo del Líquido	261	m³/h

Ocultar Opciones Avanzadas

Calcular

Limpiar

**Resultados**

Caída de Presión	7.31325	bar
Velocidad del Agua	8.04765	m/s
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	140.887	m

Cálculo de las características principales del circuito de refrigeración de las torres de refrigeración. Fuente:  
<https://www.tlv.com/global/LA/calculator/water-pressure-loss-through-piping.html?advanced=on>

Además de la longitud equivalente podemos sacar que la caída de presión, teniendo en cuenta que la rugosidad será de 0,5 mm, que será de 7,31 bar, teniendo así una velocidad del agua de 8,05 m/s.

Teniendo estos resultados pasamos a introducirlos en la aplicación de selección de bombas de Grundfos, la cual nos recomienda la utilización de la bomba: NB 100-200/219 AF2ABQQE, que nos proporcionará una presión máxima de 16 bares y 275 metros cúbicos a la hora de caudal nominal, lo que hace que ésta sea la elección para este circuito.

### 2.6.3. Anexo Estudio de Viabilidad

Para llevar a cabo este pequeño estudio partiremos de que nuestra industria funcionará 24 horas al día todos los días del año excepto 1 día cada 2 semanas para mantenimiento. Por lo que estará funcionando la industria 8160 horas anuales consumiendo 1040 kW continuamente.

Si no se llevase a cabo la instalación del generador la adquisición de esa energía, teniendo en cuenta que el precio del MWh es de 50 euros, el coste anual saldría por 424.320 euros.

En el caso de llevara cabo la instalación hay que tener en cuenta el precio de adquisición del gas natural, por lo que para una mayor visión se ha llevado a cabo la siguiente tabla:

Precio de compra del gas natural (€/kWh)	Precio energía eléctrica anual con generación	Ahorro Bruto	Ahorro Neto	Tiempo de amortización
0,01	84864	339456	287456	3,315289992
0,015	127296	297024	245024	3,889414914
0,02	169728	254592	202592	4,704035697



0,025	212160	212160	160160	5,9502997
0,03	254592	169728	117728	8,094930688
0,035	297024	127296	75296	12,65671483
0,04	339456	84864	32864	28,99829601
0,045	381888	42432	-9568	-99,60284281
0,05	424320	0	-52000	-18,32692308
Amortización de la instalación sin tener en cuenta el ahorro con la caldera de recuperación. Fuente propia.				

En esta tabla podemos observar el ahorro anual que supone la utilización de la instalación para la generación eléctrica ya sea el ahorro bruto o neto. El neto se corresponde al ahorro después de deducir los gastos de mantenimiento.

Otro aspecto que se puede observar es el tiempo que se tardará en amortizar la instalación dependiendo del precio del gas natural.

Podemos observar que la instalación será una buena opción siempre y cuando el precio del gas natural no sobrepase el valor de 0,035 euros el kWh, ya que si este lo sobrepasa el tiempo de amortización se vuelve demasiado largo o incluso si el valor sube por encima de 0,04 se volvería imposible amortizar la instalación. En la actualidad el precio medio del gas natural es de 0,025 euros el kWh.

Además de esto hay que tener en cuenta que la necesidad de producir vapor en la industria, en ausencia de este sistema haría necesaria la instalación de una caldera de iguales dimensiones pero alimentada con gas natural, por lo que teniendo este sistema se ahorra el gas natural que sería necesario para alimentar la caldera, lo que asciende a un ahorro de 196635,6 euros

anuales. Esto producirá una reducción del tiempo de amortización.

Precio de compra del gas natural (€/kWh)	Precio del vapor sin caldera de recuperación	Ahorro Neto Electricidad+Vapor	Tiempo de amortización
0,01	78654,24	366110,24	3,322933551
0,015	117981,36	363005,36	3,351355473
0,02	157308,48	359900,48	3,38026779
0,025	196635,6	356795,6	3,409683303
0,03	235962,72	353690,72	3,439615266
0,035	275289,84	350585,84	3,4700774
0,04	314616,96	347480,96	3,501083916
0,045	353944,08	344376,08	3,532649538
0,05	393271,2	341271,2	3,564789528
Amortización de la instalación teniendo en cuenta el ahorro con la caldera de recuperación. Fuente propia.			

Teniendo en cuenta que el coste del gas natural medio es de 0,025 €/kWh y que la vida útil de la instalación es 25 años, podemos proceder a calcular el VAN y el TIR.

Para ello tendremos en cuenta el ahorro que nos producirá la instalación será de 356795,6 € al año. Para calcular el VAN utilizaremos la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde  $F_t$  es en este caso el ahorro de ese año,  $k$  es la tasa de descuento,

que en este caso será del 4%, y n es 25, que son los de la vida útil de la instalación. Teniendo como resultado un VAN de 4.357.329,39 €.

Para el cálculo del TIR procederemos con la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0$$

Igualando a 0 la fórmula del VAN, calculamos el valor de k, que es el valor del TIR.

En este caso el valor del TIR es del 29%.

### 3. Pliego de Condiciones

#### 3.1. Pliego de condiciones generales

El proyecto se ha realizado acorde a la legislación vigente, teniendo en cuenta las recomendaciones de organismos internacionales para el diseño y montaje de la planta. La normativa se puede consultar en el apartado de legislación de la memoria de este proyecto.

#### 3.2. Pliego de condiciones particulares

##### 3.2.1. Condiciones facultativas

Tiene por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Contratista sus técnicos y encargados, a la Propiedad, al Ingeniero así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

En relación a la documentación del contrato de la obra, ésta estará integrada por: el pliego de condiciones, la memoria, el presupuesto y los planos. En toda la documentación las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos la cota prevalece sobre la medida a escala.

##### 3.2.1.1. Delimitación de funciones técnicas

Corresponde al ingeniero director:

- Redactar las modificaciones, adiciones o rectificaciones del proyecto.
- Coordinar, junto al Contratista el programa de desarrollo y de calidad de la obra.
- Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución

- Expedir el certificado final de obra.
- Coordinar la intervención de otros técnicos.
- Dar conformidad a las certificaciones.
- Consignar las instrucciones e incidencias que este estime convenientes.
- Preparar la documentación gráfica y escrita del proyecto con el Contratista.
- Comprobar la adecuación de lo proyectado, antes de dar inicio las obras.

Corresponde al contratista:

- Organizar los trabajos de ejecución
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto y a las normas técnicas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos que se utilicen.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

#### 3.2.1.2. Derechos y obligaciones del contratista

Antes de dar comienzo a las obras el Contratista consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente, de lo contrario, solicitará las aclaraciones necesarias.

El Contratista, teniendo el Estudio Básico de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación de la dirección facultativa.

El Contratista tendrá en la obra una oficina habilitada con una mesa que permita la extensión y consulta de planos, en ella el Contratista tendrá

siempre a disposición de la Dirección Facultativa: La licencia de obras o autorización administrativa; el libro de órdenes y asistencia; el plan de seguridad y salud, junto con el registro de incidencias; el programa de control de calidad; la documentación referente a los seguros requeridos.

El Contratista está obligado a poner en conocimiento de las personas responsables a la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de obra, con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

El jefe de obra tendrá la obligación de estar durante la jornada laboral y acompañar al ingeniero en las visitas, teniendo que estar a su disposición para llevar a cabo los reconocimientos que fuesen necesarios, y aportar la información necesaria para la comprobación del correcto avance de la obra.

El Contratista podrá solicitar al Ingeniero las instrucciones o aclaraciones necesarias para la correcta interpretación y ejecución del proyecto.

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del Ingeniero, ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes.

El Contratista no podrá recusar al Ingeniero, o personal encargado por este de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

El Ingeniero, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los operarios causantes.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros

contratistas e industriales y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

#### 3.2.1.3. Prescripciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

El Contratista iniciará las obras con el replanteo de las mismas, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Contratista someterá el replanteo a la aprobación del Ingeniero.

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Contrato, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados, queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la Contrata.

#### 3.2.1.4. De las recepciones de obras

Treinta días antes de dar fin a las obras, comunicará el Ingeniero a la Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para el acto de la recepción provisional.

Esta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista y del Ingeniero. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

El Ingeniero, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la Propiedad, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente.

El plazo de garantía nunca deberá ser inferior a doce meses.

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de la obra y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarse por vicios de la construcción.



### 3.2.2. Condiciones económicas

#### 3.2.2.1. Principio general

Todos los que intervienen en el proceso de ejecución tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

#### 3.2.2.2. Fianzas

El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

- Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 5 por 100 y el 10 por 100 del precio total de contrata.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el Contrato.

La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta (30) días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos,...

#### 3.2.2.3. De los precios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos y los gastos generales.

Costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

#### Costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

#### Gastos generales:

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración pública este porcentaje se establece entre un 13 por 100 y un 16 por 100).

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

#### 3.2.2.4. Obras por administración

Se denominan Obras por Administración aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí o por un representante suyo o bien por mediación de un contratista.

Administración directa:

Se denominan "Obras por Administración Directa" aquellas en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio Ingeniero-Director, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal contratado por él puedan realizarla; en estas obras el contratista encargado de su realización.

Administración indirecta:

Se entiende por "Obra por Administración delegada o indirecta" la que convienen un Propietario y un Contratista, para que éste, por cuenta de aquel y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Salvo pacto distinto, los abonos al Contratista de las cuentas de Administración delegada los realizará el Propietario mensualmente según los partes de trabajos realizados aprobados por el propietario o por su delegado representante.

En los trabajos de Obras por Administración delegada, el Contratista sólo será responsable de los defectos que pudieran tener los trabajos o unidades por el ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen.

#### 3.2.2.5. Valoración y abono de los trabajos

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en Pliego Particular de Condiciones económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

- Tipo fijo o tanto alzado total.

Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.

- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra

Este precio por unidad de obra es invariable y se halla fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

- Tanto variable por unidad de obra

Según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Ingeniero Director.

- Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente Pliego de Condiciones Particulares determina.
- Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las obra conformadas por el Ingeniero Director, en virtud de los aquellos.

#### 3.2.2.6. Indemnizaciones mutuas

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de

obra, salvo lo dispuesto en el Pliego Particular del presente proyecto.

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un cinco por ciento (5%) anual (o el que se defina en el Pliego Particular), en concepto de interés de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

#### 3.2.2.7. Varios

No se admitirán mejoras, más que en el caso en que el Ingeniero Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Ingeniero Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

Al abandonar el Contratista la obra, tanto por buena terminación, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo limpio en el plazo

que el Ingeniero Director fije.

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo de la contrata, siempre que en el Contrato no se estipule lo contrario.

### 3.2.3. Condiciones de índole legal

Pueden ser contratistas de obras, los españoles y extranjeros que se hallan en posesión de sus derechos civiles con arreglo a las leyes, y las Sociedades y Compañías legalmente constituidas y reconocidas en España.

La ejecución de las obras podrá contratarse por cualquiera de los sistemas siguientes:

- Por tanto alzado: Comprenderá la ejecución de toda o parte de la obra, con sujeción estricta a los documentos del proyecto y en una cifra fija.
- Por unidades de obra, ejecutadas asimismo, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas.
- Por administración directa o indirecta, con arreglo a los documentos del proyecto y a las condiciones particulares que en cada caso se estipulen.
- Por contratos, de mano de obra, siendo de cuenta de la propiedad el suministro de materiales y medios auxiliares, en condiciones idénticas a las anteriores.

Los contratos se formalizarán mediante documento privado en general, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes.

El Contratista, antes de firmar la escritura, habrá firmado también su conformidad al pie del "Pliego de Condiciones Particulares" que ha de regir

en la obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

En caso de accidentes ocurridos a los operarios, con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, siendo en todo caso, único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad o la Dirección Técnica, por responsabilidades en cualquier aspecto.

El contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran donde se efectúen las obras, como en las contiguas. Será, por tanto, de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Propietario se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables, que se encuentren en las excavaciones practicadas en sus terrenos. El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por el Ingeniero Director.

Muy especialmente se especifica la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en los plazos parciales, como consecuencia de las deficiencias o faltas en los suministros.

Se considerarán causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.
- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes: la modificación del proyecto, o las modificaciones de unidades de obra.
- La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este

caso, la devolución de fianza será automática.

- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado las condiciones particulares del proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a ésta.
- El abandono de la obra sin causas justificadas.
- La mala fe en la ejecución de la obra.

### 3.3. Pliego de condiciones técnicas

#### 3.3.1. Equipos

- Grupo Generador

Como elemento generador tenemos el grupo generador proporcionado por caterpillar, modelo G3516. El cual nos proporciona 1040 kW eléctricos, 1029 kW térmicos a través del agua de refrigeración de camisas, también llamado circuito de refrigeración de alta temperatura, y 964 kW térmicos a través de los gases de escape. El agua de refrigeración del circuito de alta temperatura se manda a la planta de absorción de bromuro de litio y los gases de escape a la caldera de recuperación.



**G3516 GAS GENERATOR SET****TECHNICAL DATA**

<b>G3516 LE Standby Power Gas Generator Sets</b>		
Power Rating @ 0.8 PF without Fan	ekW kV•A	1040 1300
Generator Frame Size		693
Engine Lubricating Oil Capacity	gal	106
System Backpressure (Max Allowable)	in water	27
Exhaust Flange Size — (Internal Diameter)	in	7.1
Length	in	187.9
Width	in	86.8
Height	in	79.2
Shipping Weight	lbs	20 560
Engine Coolant Capacity with Radiator	gal	
100% Load		
Fuel Consumption (100% load) with Fan per ISO3046/1: +5%, -0% tolerance	BTU/bhp-hr	7899
Motor Starting (35% voltage dip)	SkVA (volt)	2626 (480)
Combustion Air Inlet Flow Rate	ft <sup>3</sup> /min	3435
Exhaust Gas Flow Rate (at stack temp)	ft <sup>3</sup> /min	8583
Heat Rejection to Aftercooler	BTU/min	9746
Heat Rejection to Exhaust (total)	BTU/min	54 853
Heat Rejection to Jacket Water (total)	BTU/min	58 557
Heat Rejection to Atmosphere from Engine	BTU/min	7155
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	BTU/min	2821
Exhaust Gas Stack Temperature	Deg F	1603
Deration for Engine		
Altitude – 3.5% per 500 feet above	ft	4000
2% per 10° F above	Deg F	77
* Note: For permitting see TMI data.		

Datos técnicos del grupo generador. Fuente:

[https://www.cat.com/es\\_ES.html](https://www.cat.com/es_ES.html)

- Grupo de absorción

Para el grupo de absorción contamos con la máquina de absorción de bromuro de litio proporcionada por la empresa York, en su modelo YIA-HW-3B3-50-a. Ésta tendrá que absorber 674 kW térmicos del agua de refrigeración de la planta extrusora, aportándole 914,5 kW térmicos del agua de refrigeración del circuito de refrigeración de alta temperatura, y extrayendo de ésta 1589 kW térmicos del condensador y del absorbedor.

## Single stage hot water or steam powered absorption chiller

YIA



### Nominal capacity

YIA Model	1A1	1A2	2A3	2A4	2B1	3B2	3B3	4B4	4C1	5C2	5C3
Cooling Capacity kW	280	321	406	465	506	606	674	757	760	928	1048
EER (low temperature hot water)	0,61	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,68	0,69	0,61

YIA Model	6C4	7D1	7D2	8D3	8E1	9E2	10E3	12F1	13F2	14F3
Cooling Capacity kW	1145	1253	1415	1535	1885	2090	2265	2675	2940	3150
EER (low temperature hot water)	0,68	0,68	0,68	0,68	0,70	0,70	0,69	0,70	0,71	0,69

*At 7°C leaving chilled water, 95°C entering generator water, and 29.4°C entering condenser water.*

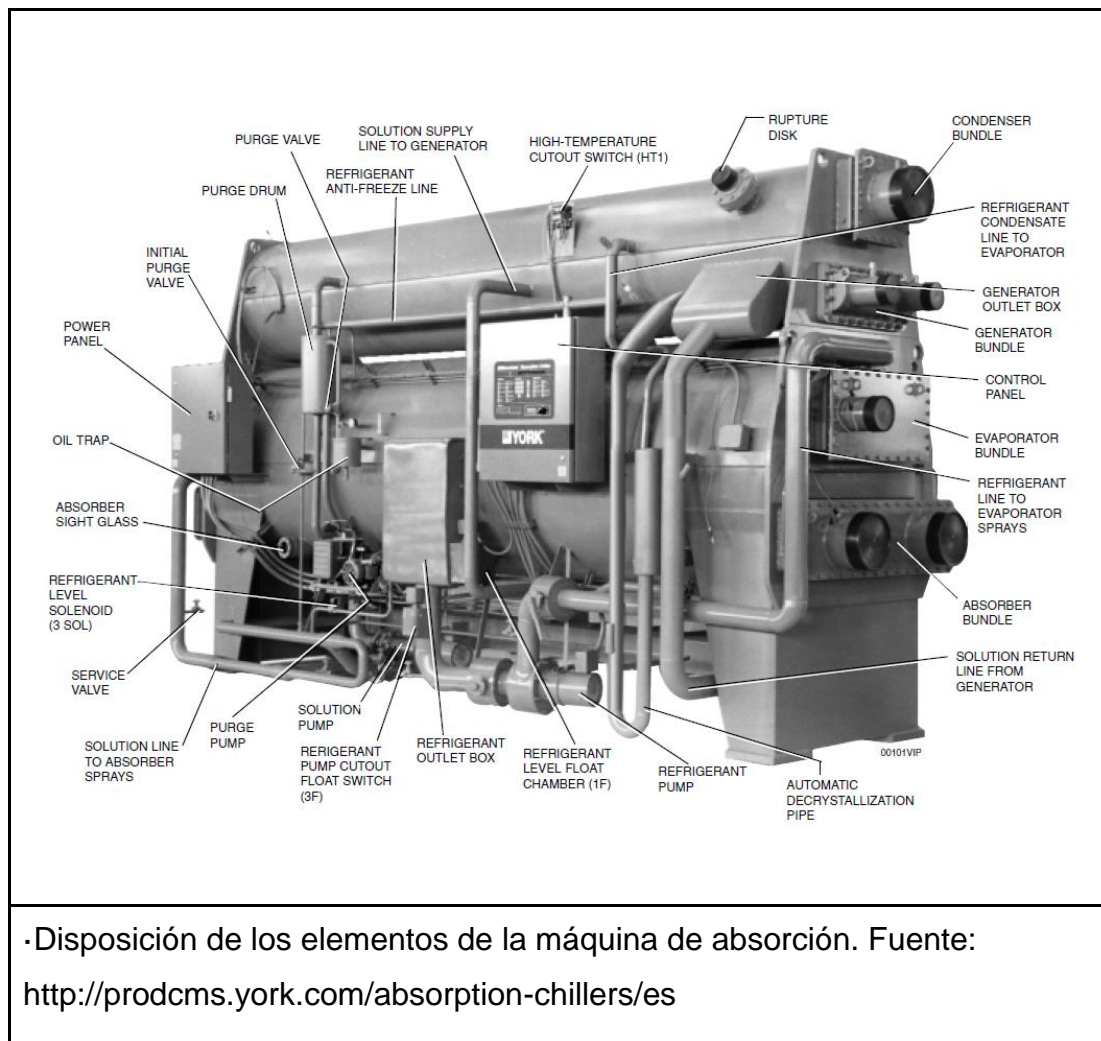
### Technical data

YIA Model			1A1	1A2	2A3	2A4	2B1	3B2	3B3	4B4	4C1	5C2	5C3
Dimensions	Length	mm	3720	4330	4940	5550	4940	5550	6160	6770	5550	6160	6770
	Width	mm	1760	1420			1580				1770		
	Height	mm	2320				2640				3020		
Operating weight kg			4950	5500	6130	6590	7900	8540	9490	10490	11400	12260	13620

YIA Model			6C4	7D1	7D2	8D3	8E1	9E2	10E3	12F1	13F2	14F3
Dimensions	Length	mm	7530	6160	6770	7530	6870	7630		8390		9150
	Width	mm	1770	2110	1670	2110	2290			2480		
	Height	mm	3020	3540			3840			4240		
Operating weight kg			14760	17890	19840	21800	24110	26830	29790	35550	39050	41140

Datos técnicos de la máquina de absorción de bromuro de litio. Fuente:  
<http://prodcms.york.com/absorption-chillers/es>

La empresa york proporciona un plano de la disposición de los elementos del equipo de absorción:



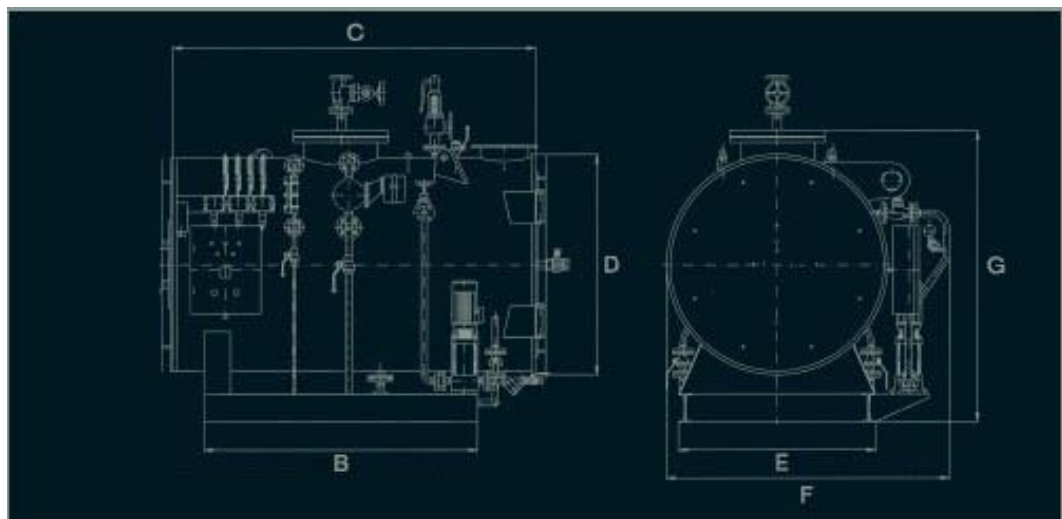
#### - Caldera de recuperación

Para la recuperación del calor de los gases de escape se necesita la utilización de la caldera proporcionada por Olmar, en concreto el modelo OL-1600, la cual tiene que producir con 964 kW térmicos de los gases de escape producir 1209 kg/h de vapor saturado a 10 bares manométricos.

TIPO	PRODUCCIÓN			DIMENSIONES							CONEXIONES			PESO	
				LONGITUD TOTAL -A-	LONGITUD BASE -B-	LONGITUD CUERPO -C-	DIÁMETRO CUERPO -D-	ANCHO BASE -E-	ANCHO TOTAL	ALTURA -F-	SALIDA VAPOR	ENTRADA AGUA	DIÁMETRO CHIMENEA	PESO EN VACÍO	PESO PH
	kg./h.	kcal/h.	kw.	metros							milímetros			Tm.	
OL-500	500	331000	385	2,50	1,15	1,66	1,30	1,11	1,77	1,80	32	32	273	2,5	3
OL-700	700	463400	539	2,90	1,60	2,10	1,30	1,11	1,54	1,80	40	32	273	3,2	4,3
OL-1200	1200	794400	924	3,33	1,75	2,44	1,46	1,32	1,73	1,96	50	32	356	3,8	5,2
OL-1600	1600	1059200	1232	3,58	2,00	2,67	1,46	1,32	1,73	1,96	65	32	356	4	5,5
OL-2000	2000	1324000	1540	4,20	2,46	3,20	1,66	1,45	2,2	2,15	65	32	356	5,1	7,4
OL-2500	2500	1655000	1924	4,50	2,66	3,40	1,76	1,55	2,4	2,30	65	32	406	5,5	8,8

Datos técnicos de las calderas de recuperación. Fuente:

<https://www.olmar.com/es/generadores-ol-olc/>



Dimensiones de la caldera. Fuente:

<https://www.olmar.com/es/generadores-ol-olc/>

#### 4. Torres de refrigeración

Para la refrigeración de la instalación se utilizarán 4 unidades de las torres de refrigeración IDW-9124 de Intersam, para llevar a cabo la extracción del calor residual de la instalación, en este caso con 3 torres la instalación podría funcionar, pero por motivos de seguridad, en caso de una necesidad repentina de extracción de una cantidad mayor de calor, y si por motivo de un mantenimiento de una torre no se quiere parar la planta, se ha decidido instalar 4, que cuentan con las siguientes características:

Modelo IDW 9124		
Capacidad nominal	kW	525
Temperatura de entrada del aire	°C	30,7
Temperatura salida del aire	°C	36
Humedad relativa	%	40
Altitud	m	0
Fluido		Agua
Temperatura de entrada del fluido	°C	35
Temperatura de salida del fluido	°C	29,7
Caudal de flujo	m <sup>3</sup> /h	87
Caída de presión del flujo	kPa	17
Caudal del aire	m <sup>3</sup> /h	274700
Ventiladores	mm	12 x 910
Entrada		400V/3Fases/50Hz
RPM	%	100
Velocidad del ventilador	1/min	1000
Potencia sonora	dB	93
Potencia total absorbida	W	34560
Superficie	m <sup>2</sup>	2998,1
Volumen interno	dm <sup>3</sup>	320,2
Paso entre aletas	mm	2,1
Peso	kg	4900
Conexiones de entrada	mm	2 x 3 1/8"
Conexiones de salida	mm	2 x 3 1/8"
Tubos		Cobre
Aletas		Aluminio

Largo	mm	7195
Ancho	mm	2765
Alto	mm	2360
Presión máxima de trabajo	bar	6
Especificaciones de las torres de refrigeración. Fuente: <a href="http://www.intersam.es">www.intersam.es</a> .		

## 1. Bombas

Para el circuito de refrigeración necesitamos dos tipos de bombas: las NB 50-200/219 AF2ABQQE, y las NB 100-200/219 AF2ABQQE.

Las NB 50-200/219 AF2ABQQE, nos proporcionan las siguientes características:

Producto	NB 50-200/219 AF2ABQQE
Código	98062906
Número EAN	5710628342097
Precio	EUR 5696
<b>Técnico</b>	
Velocidad predeterminada	2950 rpm
Caudal real calculado	70.1 m³/h
Altura resultante de la bomba	6.376 bar
Altura máxima	6.392 bar
Diámetro real del impulsor	219 mm
Diámetro nominal del impulsor	200 mm
Disp. de cierre	Single
Diámetro del eje	24 mm
Código del cierre	BQQE
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba	A
Diseño rodamiento	Standard

<b>Materiales</b>	
Cuerpo hidráulico	Fundición
Carcasa de la bomba	EN-GJL-250
ASTM class 35	
Mat. de anillo de desgaste	Latón
Impulsor	Fundición
EN-GJL-200	
ASTM class 30	
Eje	Stainless steel
EN 1.4301	
AISI 304	
Internal pump house coating	CED
Código de material	A
Código para caucho	E
<b>Instalación</b>	
Maximum ambient temperature	60 °C
Presión de trabajo máxima	16 bar
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Tamaño de la conexión de entrada	DN 65
Tamaño de la conexión de salida	DN 50
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Presión nominal para la conexión	PN 16
Lubricación de rodamiento	Grease
Carcasa de bomba con pie	No
Bloque de soporte	N
Código de conexión	F2
<b>Líquido</b>	

Líquido bombeado	Agua
Rango de temperatura del líquido	-25 .. 120 °C
Densidad	998.2 kg/m <sup>3</sup>
Especificaciones bomba NB 50-200/219 AF2ABQQE. Fuente: <a href="https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-50-200219-98062906?pumpsystemid=1325052866&amp;tab=variant-sizing-results">https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-50-200219-98062906?pumpsystemid=1325052866&amp;tab=variant-sizing-results</a>	

Las NB 100-200/219 AF2ABQQE, nos proporcionan las siguientes características:

Producto	NB 100-200/219 AF2ABQQE
Código	98707456
Número EAN	5712600245662
Precio	EUR 13233
<b>Técnico</b>	
Velocidad predeterminada	2975 rpm
Caudal real calculado	274.9 m <sup>3</sup> /h
Altura resultante de la bomba	6.175 bar
Altura máxima	6.441 bar
Diámetro real del impulsor	219 mm
Diámetro nominal del impulsor	200 mm
Disp. de cierre	Single
Diámetro del eje	32 mm
Código del cierre	BQQE
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba	A
Diseño rodamiento	Standard



<b>Materiales</b>	
Cuerpo hidráulico	Fundición
Carcasa de la bomba	EN-GJL-250
	ASTM class 35
Mat. de anillo de desgaste	Latón
Impulsor	Fundición
	EN-GJL-200
	ASTM class 30
Eje	Stainless steel
	EN 1.4301
	AISI 304
Internal pump house coating	CED
Código de material	A
Código para caucho	E
<b>Instalación</b>	
Maximum ambient temperature	55 °C
Presión de trabajo máxima	16 bar
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Tamaño de la conexión de entrada	DN 125
Tamaño de la conexión de salida	DN 100
Normativa de conexión de tubería	EN 1092-2
Presión nominal para la conexión	PN 16
Lubricación de rodamiento	Grease
Carcasa de bomba con pie	Yes
Bloque de soporte	N
Código de conexión	F2
<b>Líquido</b>	

Líquido bombeado	Agua
Rango de temperatura del líquido	-25 .. 120 °C
Densidad	998.2 kg/m <sup>3</sup>
Especificaciones bomba NB 100-200/219 AF2ABQQE. Fuente: <a href="https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-100-200219-98707456?pumpsystemid=1324123913&amp;tab=variant-sizing-results">https://product-selection.grundfos.com/es/products/nb-nbe-nbe-series-2000/nb/nb-100-200219-98707456?pumpsystemid=1324123913&amp;tab=variant-sizing-results</a>	

### 3.3.2. Montaje mecánico

#### 3.3.2.1. Montaje de tuberías

##### 3.3.2.1.1. Suministro, Transporte, Carga y Descarga

El conjunto de tuberías y accesorios deberán ser inspeccionados durante la recepción de estos para asegurar que son los correspondientes a los indicados en el plano.

Para las operaciones de carga, descarga y transporte, solo se permitirá la utilización de equipos o soportes que aseguren una correcta manipulación, evitando así cualquier riesgo de daño del material. No estará permitido el arrastre o rodadura de las tuberías, así como la manipulación con brusquedad de estas, pudiendo llegar a producir impactos que puedan dañar gravemente la integridad del material.

Si las tuberías tienen una protección exterior, como por ejemplo un revestimiento plástico, no podrán ser manipuladas con elementos metálicos sin proteger, que pudiesen llegar a dañar esta protección.

Todos los materiales a su recepción serán descargados con medios adecuados, y depositados encima de maderas, que protejan del contacto con el suelo. Tras haber llevado a cabo esta operación se procederá a la inspección por parte del departamento de calidad de los materiales

recepcionados, con su posterior separación de los que hayan superado favorablemente la inspección de los que no, para así proceder a la devolución de los que no han cumplido los requisitos exigidos.

#### 3.3.2.1.2. Almacenamiento

Se separarán los diferentes materiales teniendo en cuenta las diferentes calidades, evitando así una posible contaminación. Teniendo especial cuidado con la separación de aceros inoxidable de aceros al carbono.

Para los accesorios de pequeño tamaño se pondrán a disposición estanterías y cajoneras, para llevar a cabo una buena organización, y en el caso de elementos estandarizados, se organizarán en grupos, según sus características principales.

Las tuberías con revestimiento protector exterior no podrán depositarse directamente en el suelo.

Los soportes de almacenamiento de las tuberías deberán evitar cualquier tipo de daño, ya sea en la tubería, como en el revestimiento, como evitar cualquier tipo de deformación.

Cualquier material que pudiese verse afectado por condiciones adversas como por ejemplo la temperatura, la humedad, o la radiación solar deberán ser debidamente protegidas.

#### 3.3.2.1.3. Condiciones generales de Montaje

Se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Estar en posesión de la suficiente información para el correcto trazado y mecanizado de las tuberías.
- Llevar a cabo un acopio tanto de materiales, como de herramientas,

como de elementos de seguridad, para poder llevar a cabo el trabajo cumpliendo los estándares de calidad y de seguridad.

- Las juntas de las tuberías deberán estar debidamente protegidas de cualquier elemento que pueda llegar a dañar o ensuciar la superficie.
- Antes del montaje se inspeccionará tanto el interior como el exterior de la tubería, y así confirmar que está en un correcto estado.
- El montaje deberá llevarse a cabo con los soportes definitivos y en caso de no ser así deberán colocarse unos soportes provisionales que deberán ser retirados una vez se coloquen los definitivos.
- En el montaje deberá evitarse la aplicación de fuerza para llevar a su lugar a la tubería, ya que esto producirá estados tensionales que podrían llegar a producir que la tubería fallase.
- En cuanto la tubería esté colocada en su posición se llevará a cabo una comprobación de la alineación y de las medidas.
- En el montaje de válvulas se tendrá especial cuidado, teniendo en cuenta el sentido de flujo, la posición de los actuadores, y en el caso de válvulas que se sueldan se abrirán antes de empezar el proceso de soldadura.
- Para llevar a cabo correcciones no se podrán golpear las tuberías, así como no se aceptará ninguna tubería que haya sido golpeada.
- Utilización de los equipos necesarios y seguimiento de las especificaciones técnicas para el posicionamiento, alineación y fijación de las tuberías y accesorios. siempre siguiendo las normas de calidad, prevención de riesgos laborales y de medioambiente.
- La operación de los distintos equipos de corte y mecanizado se

deberá llevar a cabo cumpliendo las especificaciones técnicas, las normas de calidad, las normas de prevención de riesgos laborales y normas ambientales.

### 3.3.2.2. Soldadura

#### 3.3.2.2.1. Alcance

Apartado de aplicación a todas las operaciones de soldadura a realizar durante la obra. Los requisitos de soldadura de este apartado son generales para información adicional deberá acudir a documentos particulares.

#### 3.3.2.2.2. Códigos y normas

- Todo lo relacionado con los procesos de soldadura se regirán por la sección IX del Código ASME ó por las normas EN 287 y EN 288, a elección de la empresa.
- Para el resto de requisitos, será elegido el más exigente, de entre los expuestos en los códigos anteriormente mencionados, las especificaciones técnicas, y este documento.
- Para la realización de un proceso de soldadura en un sistema de tuberías, se aplicará el código ASME B31.1.
- Para procesos de soldadura en estructuras metálicas y elementos similares se deberá aplicar el Código ANSI/AWS D1.1 (en adelante AWS D1.1), la NBE-EA-95 o el EUROCÓDIGO 3.
- Para soldaduras en equipos singulares se aplicaran las especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- El material de aporte de la soldadura se seguirá el Código ASME, Sección II, Parte C, salvo en los equipos mencionados en el apartado

anterior, en el que se seguirán las especificaciones del fabricante.

- Cuando se produzca una excepción y los códigos y normas no contemplen ese caso se recurrirá a equivalencias aprobadas por la empresa.

#### 3.3.2.2.3. Procedimientos de soldadura

- Todos los procesos de soldadura que se realicen deberán seguir los procedimientos escritos, homologados de acuerdo con lo indicado en este documento.
- Los procesos de soldadura se ajustarán a los requisitos y recomendaciones del código ASME, sección IX.
- Para prevenir defectos como son las deformaciones debidas a las dilataciones térmicas, acumulación de tensiones u otro tipo de defectos perjudiciales, los procedimientos del apartado anterior deberán ser completados con un apartado específico en el que se especifiquen los detalles de ese proceso.
- El contratista deberá seguir los procedimientos de los siguientes métodos de soldadura:

Soldadura manual con electrodos revestidos.

Soldadura manual con electrodo de tungsteno en atmósfera neutra.

Soldadura semiautomática con protección de CO<sub>2</sub>, gas inerte o mezcla de ambos.

Para la soldadura de las tuberías de acero inoxidable, se empleará gas inerte para el purgado interior.

#### 3.3.2.2.4. Homologación de soldadores

- Toda persona que vaya a realizar una soldadura, por mínima que sea deberá estar homologada para ello.
- La homologación de los soldadores se llevará a cabo cumpliendo los requisitos del código ASME, sección IX o de las normas EN. Además habrá un registro de los procesos de soldadura realizados con todas la variables utilizadas y los resultados obtenidos.
- Cada soldador tendrá una marca identificativa, que permita saber el soldador que ha realizado la soldadura.

#### 3.3.2.2.5. Preparación de bordes

- Se preparará el bisel con medios mecánicos o abrasivos.
- El corte se debe hacer con sierra, disco abrasivo, plasma (para el caso de las tuberías de acero inoxidable), soplete oxiacetilénico (para aceros al carbono). Para aceros aleados no se permite el corte térmico.
- Para todos los procesos a realizar en aceros inoxidables deberá tenerse especial cuidado para evitar su contaminación, por lo que se utilizarán herramientas de materiales que no produzcan contaminación.
- Para el acero galvanizado deberá eliminarse la capa de zinc en 0,5 pulgadas alrededor del borde de soldadura.

#### 3.3.2.2.6. Materiales de aporte

- Los materiales de aporte vendrán definidos por los procedimientos de soldadura aprobados.
- Los materiales de aporte vendrán certificados, conforme cumplen

todos los requisitos de acuerdo con las normas aplicables. Para ello se realizarán ensayos a cada lote de material de aporte recibido.

- Para los aceros inoxidables el material de aporte deberá contener entre un 5 y un 12% de ferrita delta.
- Para el correcto almacenaje y conservación del material de aporte se establecerá un procedimiento para el control de las condiciones en las que se realizan estas acciones, que deberá cumplir las normas aplicables y tener en cuenta las recomendaciones del fabricante. Asimismo este control deberá llevar a cabo un seguimiento de la distribución de los distintos materiales para evitar posibles confusiones de calidades de material, y asegurar unas buenas condiciones de almacenaje. Para ello esta parte del control registrará las entregas a los soldadores del material y las devoluciones una vez finalizados los procesos por parte del soldador.

#### 3.3.2.2.7. Reparaciones

- Todas las reparaciones deberán ser realizadas por soldadores y procedimientos homologados, y ser aprobados por la empresa.
- Los requisitos mínimos han de ser: una vez se haya finalizado el saneado la zona defectuosa se deberá inspeccionar por líquidos penetrantes o partículas magnéticas, y así verificar que el defecto ha sido corregido; una vez se ha hecho la reparación, se ha de inspeccionar la soldadura nueva con los mismos requisitos que la soldadura original; y toda esta información deberá ser recogida en un informe de reparación.

#### 3.3.2.2.8. Tratamiento térmico

Los requisitos mínimos para la realización de un tratamiento térmico vendrán dados por el código ASME, sección I, o por la norma ANSI B31.1, según



corresponda.

Una vez realizado el tratamiento térmico se procederá a la comprobación de la dureza de las zonas afectadas, para posteriormente llevar a cabo el ensayo radiográfico.

Cuando sea necesario llevar a cabo un tratamiento térmico, se deberá indicar en el procedimiento de soldadura las variables que solicita el código ASME, sección IX, y elaborar un procedimiento para la realización del tratamiento, definiendo el proceso y el equipo utilizado, que deberá ser aprobado por la empresa. Uno de los registros que deberá ser incluido será un gráfico que contenga las variables tiempo y temperatura.

Estará prohibido la utilización de soplete y/o antorcha para cualquier tratamiento térmico.

#### 3.3.2.2.9. Ensayos no destructivos

En caso de definición dudosa prevalecerá siempre el criterio más restrictivo a la hora de realizar los ensayos no destructivos.

- Para tuberías: se llevará a cabo una radiografía del 100% de las soldaduras cuando las tuberías que se han soldado trabajen a temperaturas o presiones elevadas ( $>350^{\circ}\text{C}$ ,  $>40$  bar), del 25% de las soldaduras de 15 a 40 bar y 100% por líquidos penetrantes si las sollicitaciones son inferiores.
- Estructuras y elementos singulares: se llevará a cabo una radiografía del 100% de las soldaduras de elementos estructurales como vigas y pilares, donde no sea posible se realizará ensayo de ultrasonidos, mientras que para elementos sin importancia estructural se llevará a cabo una inspección visual del 100%.
- Equipos singulares: Cualquier equipo que requiera de un proceso de

soldadura, será inspeccionado siguiendo las especificaciones del fabricante. En caso de no haber estas especificaciones se aplicará el mismo criterio que en las tuberías.

- Elementos restantes: se realizará una inspección visual del 100% y en caso de duda, se aplicará un ensayo de líquidos penetrantes o partículas magnéticas.
- Consideraciones generales: Las soldaduras seleccionadas para el muestreo deben ser representativas de todos los procedimientos utilizados y de todos los soldadores. En caso de resultados desfavorables, es decir, que las soldaduras se rechacen, se duplicará el tamaño de la muestra, y si en esta nueva muestra vuelve a haber resultados desfavorables se procederá a inspeccionar todas las soldaduras. Los ensayos no destructivos deberán cumplir un procedimiento escrito y aprobado por la empresa, de acuerdo a código ASME, sección V, o las normas ANSI B31.1.

En el caso de equipos singulares se seguirán las especificaciones del fabricante.

#### 3.3.2.3. Uniones bridadas y roscadas

- Uniones bridadas

Se inspeccionará la superficie de contacto de las partes a unir, en caso de encontrar suciedad o algún tipo de contaminante se procederá a su limpieza. Además se comprobará antes de la unión de que las conexiones se encuentran alineadas y que las medidas son las correspondientes. Otro aspecto a revisar son los tornillos, las tuercas, y las juntas, estas últimas si es que las hay. Para el apretado se presentarán a mano los tornillos y las tuercas, posteriormente se realizará el apretado en un patrón de cruz.

- Uniones roscadas

Se llevará a cabo una inspección de las roscas, tanto de los tornillos como de las tuercas, previa a su instalación. Salvo que haya juntas elásticas se llevará a cabo el apriete de toda la tornillería con llave dinamométrica. En el caso de tornillería de acero inoxidable o de latón se aplicará un producto antigripante. Todos los elementos utilizados para el apriete deberán estar debidamente calibrados.

Para llevar a cabo la unión se realizará una limpieza de ambas partes, posteriormente se aplicará el sellante, y para finalizar el proceso se llevará a cabo el apriete final.

#### 3.3.2.4. Corte y biselado

- Corte

La tubería al ser adquirida en largos comerciales debe ser cortada para tener las medidas adecuadas, tanto largo como ángulo del corte. Para llevar a cabo los cortes se deberá fijar la pieza ya sea en la base de una máquina de corte, en el caso de un proceso automático, en caballetes o en un banco de trabajo en el caso de un proceso de corte manual. Una vez realizado el proceso se llevará a cabo una inspección y una eliminación de las rebabas resultantes que queden en la pieza.

- Biselado

Para llevar a cabo una correcta soldadura deberá realizarse un biselado de los extremos a soldar, el biselado vendrá determinado por normativa. Para llevar a cabo el bisel se fijará la pieza, y si el proceso de biselado es manual se marcará la zona a esmerilar. Una vez finalizado el biselado se encintará para evitar posibles corrosiones.

### 3.3.2.5. Montaje de equipos

- Manipulación, transporte y almacenamiento

Para llevar a cabo cualquier acción que requiera el movimiento de los equipos se llevará a cabo con los medios necesarios para que estos estén protegidos en el transcurso de la acción. Además se protegerán todas las bocas de tubería para evitar la entrada de suciedad que pueda provocar un problema en el futuro. Queda prohibido que los equipos estén en contacto con el suelo.

- Montaje

En el caso del montaje de equipos estáticos se tendrá que disponer de los medios necesarios para mover el equipo con todas las seguridades necesarias para evitar un potencial peligro para los trabajadores. En el caso de que el equipo supere las 5 toneladas métricas de peso se deberá llevar a cabo un croquis de la maniobra a realizar.

Antes de empezar la maniobra se deberá inspeccionar que el lugar donde reposará el equipo cumple con las especificaciones requeridas (medidas, alineación, y demás aspectos).

Una vez realizada la operación se revisará que la posición del equipo es la correcta, antes de llevar a cabo el anclaje definitivo del equipo.

En el caso de los equipos dinámicos además de todo esto deberá verificar que las tuberías están alineadas con el equipo y que no se producen presiones anormales en los acoples, en el caso de que se produjeran este tipo de tensiones se procedería a un alivio de las mismas en la soldadura más cercana a la brida. Además se verificará que las partes móviles se trasladan libremente.

### 3.3.2.6. Estructuras metálicas

Se contempla como estructura metálica: estructuras metálicas de edificios, rejillas y guías de ataguías, escaleras, plataformas, barandillas, carriles de rodadura y monocarriles, marcos, tapas, puertas, soportes en general. En el caso de que un elemento no se encuentre en esta lista pero cumpla funciones similares a alguno que sí lo está será considerado de la misma manera. En caso de que no se especifique el material utilizado se utilizará acero al carbono galvanizado, que deberá ser protegido con una pintura anticorrosiva.

Para el montaje de las estructuras metálicas se aplicarán los requisitos reflejados en el código ANSI/AWS D1.1. Además se aplicarán las normas de los materiales utilizados, y los códigos y normas mencionados anteriormente en este pliego.

### 3.3.2.7. Inspección y pruebas

#### 3.3.2.7.1. Inspección visual

En cuanto a inspección visual podemos diferenciar distintos aspectos a los que ésta afecta: inspección de documentación técnica, de materiales, de los trabajos realizados, y de los certificados.

En el caso de la inspección de la documentación técnica será referida a la examinación de ésta para la comprobación del alcance y la definición, y en caso de encontrar alguna anomalía notificar al técnico responsable.

En el caso de los materiales la inspección se corresponde a la revisión de todos los materiales, refiriéndose también a los equipos recepcionados, en busca de defectos que se hayan producido en cualquier etapa previa a la recepción en obra, para posteriormente notificar al técnico responsable, e intentar buscar una solución.

Para los trabajos realizados se examinará que haya sido realizado correctamente y se ha obtenido un buen resultado, de no ser así se comunicará al técnico responsable.

La inspección de los certificados se basará en la revisión de la información contenida y confirmar que está acorde a lo establecido.

#### 3.3.2.7.2. Pruebas de presión

##### - Neumáticas

Para llevar a cabo estas pruebas será necesario el aprovisionamiento de material adecuado para las presiones a las que se va a realizar la prueba. Cualquier elemento que no tenga que pasar la prueba se aislará. Para tener unas mediciones precisas se colocarán dos manómetros a poder ser en la parte más alta, de no poder ser así se tendrá en cuenta el peso de la columna de gas en esa posición, además se utilizarán manómetros que a la presión de prueba la medición esté a la mitad de rango.

El procedimiento se basará en el incremento de la presión cada 10 minutos, de 25% en 25% hasta alcanzar el 100% de la presión de prueba, una vez alcanzado el 100% y mantenido durante 10 minutos se bajará a la presión de diseño y se inspeccionarán las juntas con agua jabonosa. Una vez concluido el ensayo se bajará la presión lentamente para evitar posibles cambios bruscos que puedan dañar la instalación, y se purgará por completo.

La presión de prueba viene definida por el código ANSI B31.

Para la inspección del ensayo se le entregará previamente al Inspector toda la documentación necesaria de la instalación a probar. Una vez finalizada la prueba el Inspector, la dirección de la obra, y el contratista, emitirán un certificado de prueba.

Cualquier reparación o modificación requerirá de la realización de un nuevo

ensayo.

- Hidráulicas

Se llenará el circuito con agua de la red tratada. Para llevar a cabo un llenado completo se instalará por lo menos un venteo, para eliminar el aire del interior.

Los equipos se probarán preferentemente en su localización final de no ser así se podrá hacer en taller, y a poder ser horizontalmente, teniendo en cuenta la columna de líquido, la presión de prueba vendrá dada en la documentación, y el tiempo de prueba será de mínimo 1 hora.

Tras haber realizado el ensayo se inspeccionará la instalación por completo, y no se admitirá ninguna deformación plástica, ni ninguna fuga.

Para poder llevar a cabo con seguridad el ensayo se revisará todo el equipo utilizado antes de la prueba, se seguirá el procedimiento acordado, evitando en todo momento la presencia de personas en la zona de la prueba debido a la peligrosidad de los ensayos hidráulicos a alta presión, además de tener que haber una zona de seguridad para evitar cualquier tipo de accidente en el caso de que una pieza fallase y se proyectase a gran velocidad en cualquier dirección.

### 3.3.3. Montaje eléctrico

#### 3.3.3.1. Montaje de equipos eléctricos y cableado

##### 3.3.3.1.1. Suministro, Transporte, Carga y Descarga

Los elementos eléctricos deberán ser inspeccionados durante la recepción de estos para asegurar que son los correspondientes a los indicados en el plano.

Para las operaciones de carga, descarga y transporte, solo se permitirá la utilización de equipos o soportes que aseguren una correcta manipulación, evitando así cualquier riesgo de daño del material. No estará permitido el arrastre o rodadura de los elementos eléctricos, así como la manipulación con brusquedad de estos, pudiendo llegar a producir impactos que puedan dañar gravemente la integridad del material.

Todos los materiales a su recepción serán descargados con medios adecuados, y depositados encima de maderas, que protejan del contacto con el suelo. Tras haber llevado a cabo esta operación se procederá a la inspección por parte del departamento de calidad de los materiales recepcionados, con su posterior separación de los que hayan superado favorablemente la inspección de los que no, para así proceder a la devolución de los que no han cumplido los requisitos exigidos.

#### 3.3.3.1.2. Almacenamiento

Se llevará a cabo una división del espacio de almacenamiento para poder aportar a los distintos materiales las condiciones ambientales adecuadas, para su correcta conservación. Además cada área contará con las medidas de seguridad necesarias. En el caso de las fuentes radiactivas utilizadas para llevar a cabo las radiografías deberán ser almacenadas en un lugar con medidas de seguridad nuclear, debido al peligro que supone para los trabajadores.

#### 3.3.3.1.3. Canalizaciones eléctricas

- Canalizaciones bajo tubo protector

Los tubos pueden ser no metálicos o compuestos, pero nunca pueden estar hechos completamente de materiales metálicos. Además los tubos se clasifican atendiendo a la norma UNE-EN 61386, en: rígidos, curvables, flexibles y enterrados.



Para el montaje de la tubería se llevará a cabo el corte de las piezas en las medidas aportadas en la documentación, debido a su adquisición en largos comerciales, para ello se dispondrá de las herramientas adecuadas ya que los cortes deberán quedar sin aristas y redondeados.

Durante el montaje de los tubos se tendrá la precaución de que no entre ni agua ni ningún elemento que pueda contaminar el interior de los tubos, y que posteriormente pueda causar un problema. Una vez realizado el montaje para evitar que pueda entrar algún elemento contaminante los extremos se cerrarán con tapas estancas.

Para la unión de varios tubos se utilizarán accesorios que permitan la continuidad de la protección que estos aportan a los conductores.

En el caso de curvar un tubo, se tendrá en cuenta que este no puede producir una reducción de sección debido a una curvatura excesiva. Además al curvar el tubo no se podrán producir aplastamientos, por lo que deberá utilizarse el equipo adecuado, y seguir la normativa aplicable, que se encuentra en el reglamento electrotécnico de baja tensión, además de las especificaciones del fabricante.

- Canalizaciones en bandeja

Para el montaje de las bandejas, si éstas son adquiridas en dimensiones comerciales, se cortarán a las medidas aportadas en la documentación, para ello se realizarán los cortes necesarios con equipos adecuados que permitan una terminación sin aristas o rebabas que puedan llegar a producir un corte. El fabricante además deberá de aportar documentación en la que indique la carga máxima admisible en función del ancho y del largo entre los soportes de sujeción.

#### 3.3.3.1.4. Documentación a generar

- Procedimiento general de montaje de canalizaciones.

- Procedimiento de comprobación del correcto montaje de canalizaciones.
- Procedimientos solicitados en apartados anteriores, como por ejemplo uniones soldadas y atornilladas.
- Programa de inspección por puntos, el que se tendrán en cuenta los siguientes puntos:
  - Certificados de calidad de los elementos utilizados en la construcción.
  - Inspección del 25% de las uniones soldadas y atornilladas.
  - Inspección visual del 100% de la instalación, una vez terminados los trabajos.
  - Inspección del 25% de las dimensiones de los elementos que componen la instalación. Dimensiones como el radio de curvatura, alineación, distancias de seguridad entre canalizaciones, distancias entre soportes de la canalización, y el aplastamiento de las zonas de las tuberías que se han curvado.

### 3.3.3.2. Tendido y conexionado de cables

#### 3.3.3.2.1. Tendido de cables

- Requisitos generales

Para llevar a cabo el tendido de cables primero se ha de realizar un estudio de optimización de bobinas por lo que se buscará la utilización del mínimo tendido. Una vez realizado el estudio se pasarán a identificar los cables que se van a utilizar, teniendo como mínimo la información expuesta a continuación: número de identificación, tipo y composición del cable, longitud, origen y destino, bobina de la que se extraerá.

Una vez realizada la instalación del tendido se procederá a la redacción de las fichas individuales de cada tendido, en las que aparecerá, además de toda la información mencionada en el párrafo anterior, la longitud exacta y la resistencia de aislamiento.

Salvo que haya una conexión intermedia diseñada por proyecto, o sea imposible evitar una conexión intermedia, no se podrán hacer empalmes de cables.

Para evitar que el cable sufra daños, ya sea por el roce con la canalización, como por una excesiva tensión, por esto se protegerán los extremos de los conductos por los que haya que pasar el tendido y se prohíbe la utilización de grasas para facilitar el paso poniendo el riesgo el aislamiento de éstos. Además jamás se sobrepasará el límite de esfuerzo a tracción indicado por el fabricante.

Para evitar posibles errores de medición a la hora de cortar los cables, se dejará un margen de medida 1,5 veces el recorrido interior de un hilo desde el extremo hasta la conexión al terminal más lejano. El extremo del cable debe entrar libremente en el equipo antes de ser pelado.

Con la finalidad de poder identificar los cables más fácilmente se etiquetarán los cables en los extremos con su designación o número de identificación. Además cada 20 metros, en los cambios de dirección y en los pasamuros se identificarán para poder seguirlos con mayor facilidad.

- Tendido de cables por bandeja

Antes de llevar a cabo el tendido deberá realizarse una limpieza de las bandejas. Para guiar los cables y así evitar daños en la cubierta se utilizarán rodillos.

Una vez realizado el tendido se procederá a organizarlos y atarlos en capas

mediante cuerda ignífuga, dejando así los cables ordenados de manera que queden paralelos al eje longitudinal de la bandeja. El atado se realizará cada 2 metros como máximo y en todos los cambios de dirección, quedando prohibido el cruce de cables, ya sean de la misma capa o de capas diferentes.

- Tendido de cables por tubería

Además de lo mencionado en los requisitos generales, para el tendido por tubería de cableado, se deberá tener en cuenta que antes de empezar se deberá llevar a cabo una limpieza de las tuberías. Para su tendido se utilizará un equipo de limitación de tensión que impedirá que se dañe el cable.

Por obligación se tenderán todos los cables que pasen por la misma tubería a la vez formando un mazo, no obstante se dejará un cable de acero inoxidable como guía para posibles tendidos realizados en el futuro. Además estos deberán ser identificados tanto a la entrada como a la salida del tubo.

- Otro tipo de tendidos

Siempre que se realice un tendido se deberá llevar a cabo una limpieza de la zona y el paso de una guía para el tendido, para posteriormente utilizar un equipo de limitación de tensión para llevar a cabo el tendido y protección. Además se identificará el cable en los extremos y en puntos intermedios.

#### 3.3.3.2.2. Conexionado

Previo conexionado definitivo de los cables se deberá llevar a cabo el pelado de los hilos con una herramienta que permita el pelado sin dañar ni el hilo ni su recubrimiento aislante; la comprobación de la continuidad del 100% de los hilos que se quieren conectar, para ello se comprobará con el circuito abierto y una fuente de corriente continua, como por ejemplo una batería, y un equipo acústico-luminoso; la comprobación del 100% del aislamiento entre

conductores y cada uno de ellos con tierra. Los resultados obtenidos quedarán reflejados en la ficha de conexionado individual de cada cable.

Para la conexión de diferentes hilos se utilizará una herramienta de engaste. La conexión de cableado de alta tensión se hará siguiendo las especificaciones del fabricante.

Al mismo tiempo que se va realizando la conexión de los distintos cables se llevará a cabo la etiquetación o marcado de los cables, que cumplirá los siguientes requisitos:

- La etiqueta del cable se colocará en el punto de interrupción de la cubierta exterior, teniendo marcada en tinta indeleble la identificación y su composición. Además estas etiquetas consistirán en un manguito termoretráctil.
- La etiqueta del hilo se colocará antes de su conexión a las regletas, ya sean de origen o de destino, teniendo marcado con tinta indeleble la identificación del cable y las bornas de conexión. Estas etiquetas serán de tipo omega.

Acompañando a estas acciones se realizarán además el resto de trabajos relacionados con el tendido de cableado, como son el taladrado, el enhebrado y otros trabajos, dejando así el trabajo completado y el tendido asegurado.

### 3.3.3.3. Sistema de iluminación y fuerza

#### 3.3.3.3.1. Requisitos generales

El sistema de iluminación y fuerza está formado por todos los elementos que lo componen, como son: torres de iluminación, cajas de automatismo, canalizaciones, armarios de reactancias, cajas de derivación,...

Para las canalizaciones, tendido y conexionado de cables, se aplicará el apartado de trabajos eléctricos generales.

Antes de llevar a cabo la instalación se realizará un marcado para la búsqueda de interferencias y así poder buscar una solución sin haber llevado a cabo ninguna otra acción.

Para la introducción de los cables en las cajas o aparatos, se utilizarán prensaestopas metálicos o prensas cónicas de material elástico.

#### 3.3.3.4. Trabajos en equipos singulares

Será obligatorio el seguimiento de las especificaciones e instrucciones del fabricante para el montaje de los equipos. Además se integrarán dichas especificaciones en los procedimientos de montaje del equipo. Para comprobar que estas especificaciones se cumplen el fabricante del equipo tendrá presencia total o parcial en la obra a través de los inspectores que éste designe.

#### 3.3.3.5. Ensayos, medida y prueba de las instalaciones

- Se deberán llevar a cabo por lo menos los siguientes procedimientos:
- Obtener los valores de las resistencias de los sistemas de puesta a tierra.
- Obtener los valores de las tensiones de paso y contacto de la instalación.
- Ensayos de aislamiento de las líneas de baja y alta tensión.
- Pruebas de alimentación con corriente alterna o continua de armarios y equipos auxiliares.

## 4. Presupuesto

### 4.1. Introducción

El presente documento contiene la información relativa al presupuesto de la instalación a realizar. Dicha información se corresponde al tiempo empleado para la realización de la obra, el coste del material para llevar a cabo la obra, y otros aspectos.

Para poder comprender mejor la tabla expuesta posteriormente, podemos desglosar el coste del montaje, tanto mecánico, como eléctrico.

Para el montaje mecánico deberemos tener en cuenta que será necesario el empleo de 4 operarios por turno, teniendo al día 2 turnos de 8 horas, durante el tiempo de 50 días laborables. Teniendo en cuenta que el coste horario aproximado de la hora de 1 operario es de 30 euros tenemos como coste:

Nº de operarios	Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Coste horario	Coste total
4	50	800	30	96000
Coste mano de obra montaje mecánico. Fuente propia.				

En el caso del montaje eléctrico deberemos tener en cuenta que será necesario el empleo de 3 operarios por turno, teniendo al día 2 turnos de 8 horas, durante el tiempo de 45 días laborables. Teniendo en cuenta que el coste horario aproximado de la hora de 1 operario es de 30 euros tenemos como coste:

Nº de operarios	Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Coste horario	Coste total
3	45	720	30	64800
Coste mano de obra montaje eléctrico. Fuente propia.				

Estos precios son incluyendo el material auxiliar necesario por parte de los operarios.

Los costes de ingeniería se calculan atendiendo a que son necesarias 400 horas de ingeniería para llevar a cabo el proyecto por lo que teniendo a 2 ingenieros trabajando a jornadas de 8 horas no sale un coste total de ingeniería de:

Nº de ingenieros	Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Coste horario	Coste total
2	25	200	50	20000
Coste ingeniería. Fuente propia.				

#### 4.2. Costes

Concepto	Mediciones				Presupuesto (€)
	Longitud	Ancho	Altura	Cantidad	
Equipos					
Caterpillar Gas Generator Set G3516 1300KVA	4772,7	2204,7	2011,7	1	218000
- Motor y alternador					
- Cuadros eléctricos					
- Sistema de lubricación					
- Sistema de arranque					
Sistema de refrigeración					
- Aeroenfriador IDW-9124 12 motores y 525 kW	7195	2765	2360	4	120000
- Bombas NB 100-200/219 AF2ABQQE	1388	381	480	2	
- Bombas NB 50-200/219 AF2ABQQE	995	303	380	2	
- Accesorios					

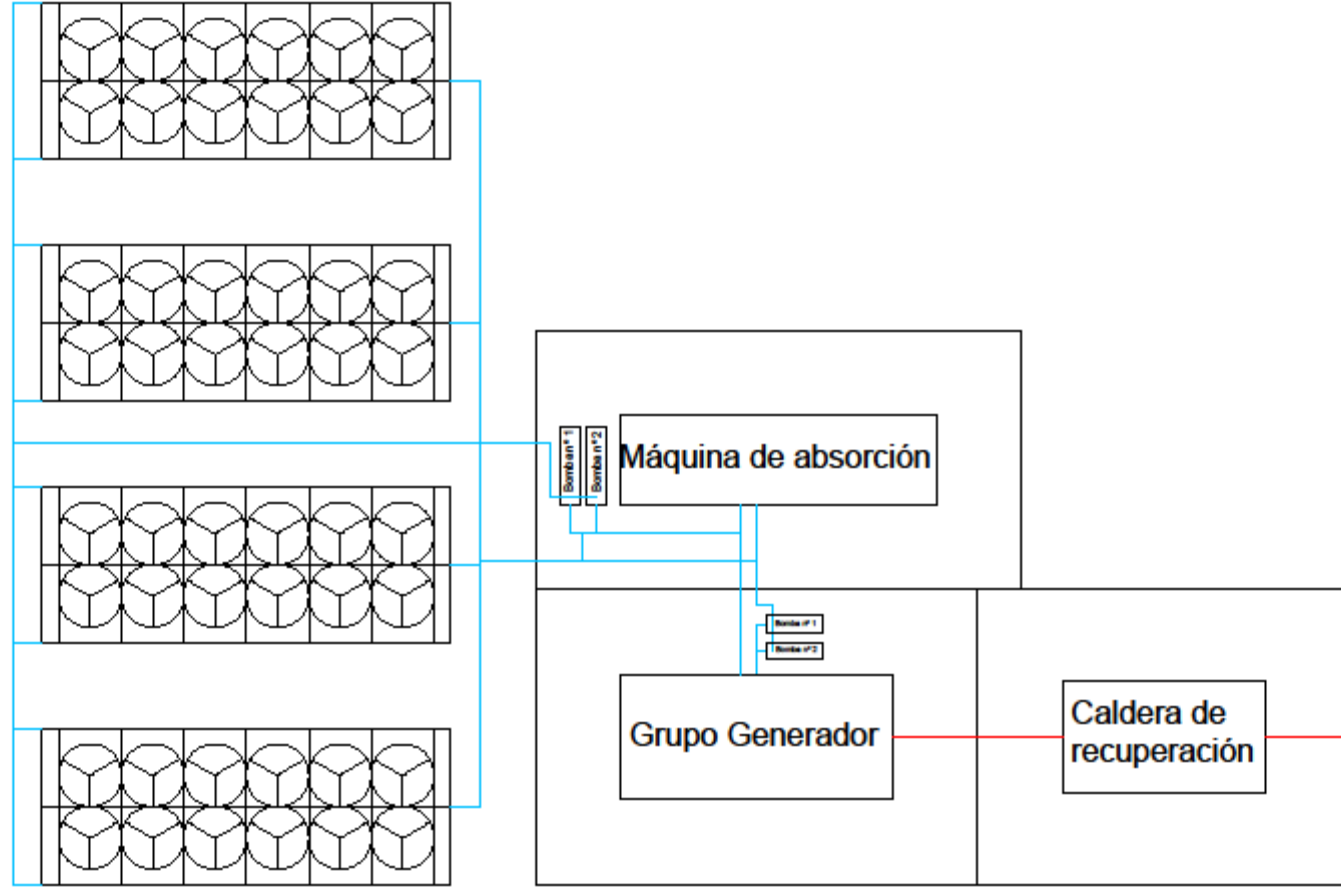


Sistema de Gases de Escape					
- Caldera OL 1600, 1232 kW	3580	1960	2670	1	180000
- Accesorios					
Equipos eléctricos de Baja Tensión					45000
Sistema de Absorción					
- York YIA HW 3B3 50 674 kW	5550	1580	2640	1	220000
- Accesorios					
Montaje					
Montaje Mecánico					96000
Montaje Eléctrico					64800
Ingeniería					20000
Puesta en marcha, pruebas, formación de personal, realización de manuales de funcionamiento, operación y mantenimiento					50000
15% Gastos Generales					152070
5% Beneficio Industrial					50690
				Total	1216560
Costes completos. Fuente propia.					


## 5. Planos

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



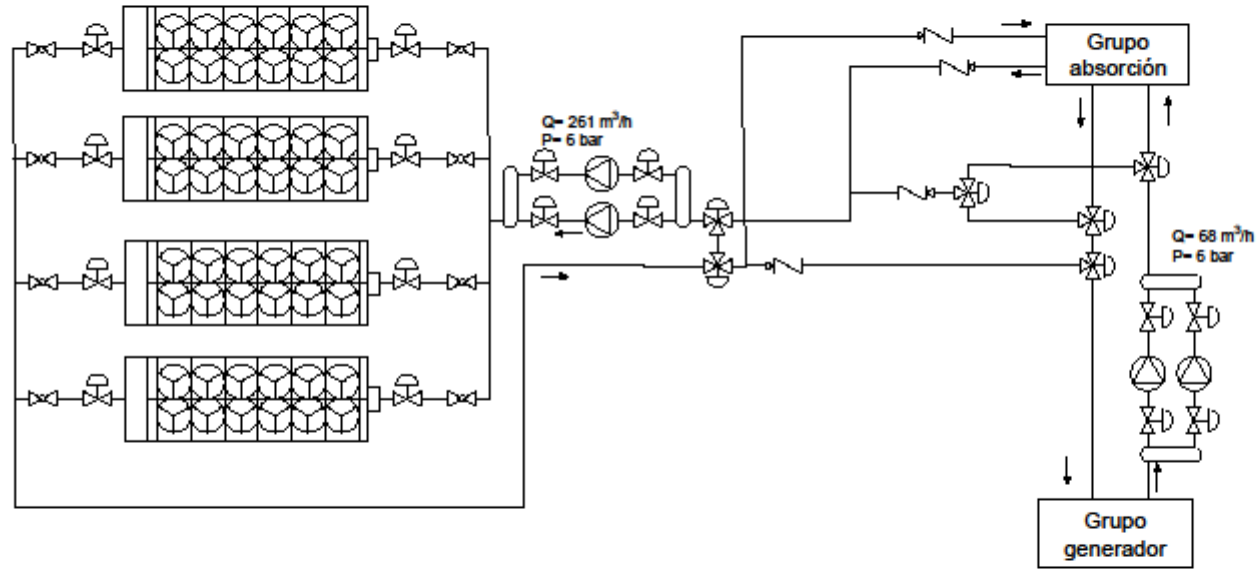
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

	Autor: Autor del TFG	Fecha: 28/05/2021
	Plano: Distribución en planta de los equipos	Escala: 1/100
	Proyecto: Planta de trigeneración	Nº de plano: 1


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



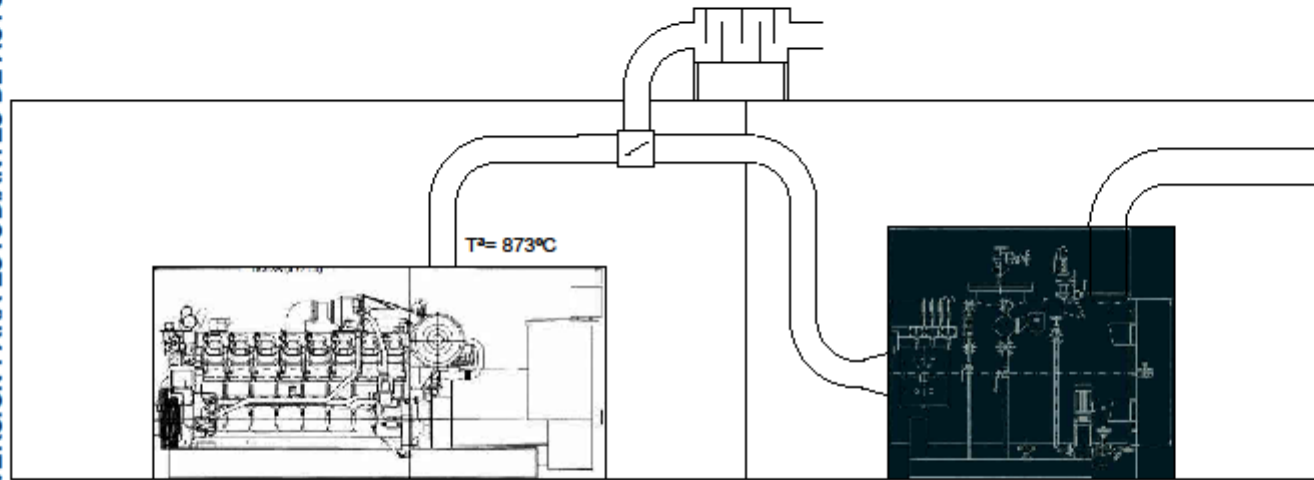
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

	Autor: Autor del TFG	Fecha: 28/05/2021
	Plano: Circuito de refrigeración	Escala:
	Proyecto: Planta de trigeneración	Nº de plano: 2


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

	Autor: Autor del TFG	Fecha: 28/05/21
	Plano: Perfil sistema de caldera	Escala: 1/60
	Proyecto: Planta de trigeneración	Nº de plano: 3

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

## 6. EBSS

### 6.1. Objeto

Siguiendo el procedimiento del R.D. 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, el presente Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene por objeto la descripción de los procedimientos, medios técnicos y auxiliares que se prevén, para la ejecución de la instalación de la planta de trigeneración.

El presupuesto de la obra asciende a 1.001.490 euros por lo que es necesario el desarrollo de un estudio de seguridad y salud.

Debido a que llevar a cabo un estudio de todas las situaciones potenciales de riesgo, que se puedan surgir a lo largo de la obra, es prácticamente imposible y desde el punto de vista de la operación de las obras poco rentable, se ha decidido que se van a destacar los aspectos más importantes para la seguridad, y a medida que avance la obra se irán actualizando el plan de seguridad.

El estudio de seguridad y salud supone:

Una previsión, por cuanto establece objetivos y campos de actuación en orden a la prevención de accidentes y enfermedades.

Una organización, partiendo de su inserción dentro de las normas de la Empresa y documentos contractuales.

Una coordinación mediante la definición de funciones y actuación de unas comisiones de Medicina, Salud y Seguridad.

### 6.2. Características de la obra

La obra a realizar consta de la instalación de:

- Grupo generador
- Máquina de absorción de bromuro de litio

- Caldera de recuperación de calor
- Torres de refrigeración

Además de estos equipos también hay que llevar a cabo el montaje de los accesorios y tuberías correspondientes. La instalación eléctrica también se debe tener en cuenta a la hora de llevar a cabo este estudio.

La obra se llevará a cabo a lo largo de 2 meses y medio, contando con:

- 8 operarios partidos en dos turnos de 8 horas durante 50 días laborables, para el montaje mecánico.
- 6 operarios partidos en dos turnos de 8 horas durante 45 días laborables, para el montaje eléctrico.
- 2 Ingenieros en un turno de 8 horas durante 25 días laborables, para llevar a cabo los trabajos de ingeniería.

### 6.3. Normativa de seguridad y salud

#### 6.3.1. Normativa general

- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. Modifica a la ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y a la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 327/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.

- Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción. Modifica al Real Decreto 1627/1997 en el apartado 4 del artículo 13 y al apartado 2 del artículo 18.
- Resolución de 1 de agosto, de la Dirección General de Trabajo, por la que se inscribe en el registro y publica el IV Convenio Colectivo General del sector de la Construcción.
- Ley 20/2007, de 11 de julio, del Estatuto del trabajo autónomo.
- Real Decreto 597/2007, de 4 de mayo, sobre publicación de las sanciones por infracciones muy graves en materia de prevención de riesgos laborales.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 171/2004. de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Ley 12/2001 de 9 de julio, del Estatuto de los trabajadores.
- Instrucción de 26 de febrero de 1996 de la Secretaría de Estado para la Administración Pública, para la ampliación de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales de la Administración del Estado.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, de 8 de noviembre de 1995.
- Modificación de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en sus Artículos 45, 47, 48 y 49 según el Artículo 36 de la Ley 50/1998, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social.
- Real Decreto 1561/1995 de 21 de septiembre. Jornadas Especiales



de Trabajo. BOE de 26 de septiembre.

- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo. Texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores. BOE de 29 de marzo.
- Estatuto de los trabajadores.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. 9/3/71. BOE 16/3/71), excepto Títulos I y II, así como los capítulos I, II, III, IV, V, VII, VIII, IX, X, XI, XII y XIII del Título I.
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo. O.M. 31 de enero de 1940. BOE de 3 de febrero de 1940, en vigor capítulo VII.

#### 6.3.2. Aparatos a presión

- Corrección de errores del Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril. Reglamento de aparatos a presión. BOE de 29 de mayo.

#### 6.3.3. Equipos de trabajo

- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1215/1997 (BOE 188 de 7 de agosto). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

#### 6.3.4. Electricidad

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. BOE del 1 de diciembre.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre Disposiciones Mínimas para la Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores frente al Riesgo Eléctrico.

#### 6.3.5. Lugar de trabajo

- Ley 50/1998 de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social (Art. 36) que modifica el Real Decreto 31/95.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE de 23 de abril.

#### 6.3.6. Máquinas

- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Orden del 8 de abril de 1991 (BOE nº 87 de 11 de abril) “por lo que se aprueba la instrucción Técnica Complementaria MSG-SM-1 del Reglamento de Seguridad en las Máquinas, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección, usadas”.

#### 6.3.7. Ruido

- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la

Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

- Corrección de erratas del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. BOE del 18 de noviembre de 2003.
- Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

#### 6.3.8. Manipulación de cargas manual

- Real Decreto 487/97 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la Manipulación de Cargas, que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. BOE nº 97, de 23 de abril.

#### 6.3.9. Señalización

- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril sobre Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.

#### 6.3.10. Servicios de prevención y mutuas

- Resolución de 27 de agosto de 2008, de la Secretaría de Estado de la Seguridad Social por la que se dictan instrucciones para la aplicación de la Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo como parte de la acción protectora del sistema de la Seguridad Social. BOE núm. 219 del 10

de septiembre.

- Resolución del 2 de abril de 2007, de la Secretaría de Estado de la Seguridad Social, por la que se determinan las actividades preventivas a realizar por las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social durante el año 2007, en desarrollo de la Orden TAS/3623/2006, de 28 de noviembre, por la que se regulan las actividades preventivas en el ámbito de la Seguridad Social y la financiación de la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales.
- Orden TAS/2383/2006, de 14 de julio, por la que se modifica la Orden TAS/1974/2005, de 15 de junio, por la que se crea el Consejo Tripartito para el seguimiento de las actividades a desarrollar por las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social en materia de prevención de riesgos laborales en el ámbito de la Seguridad Social.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Resolución de 5 de agosto de 2003 de la Secretaría de Estado de la Seguridad Social por la que se aprueba el Plan General de Actividades Preventivas de la Seguridad Social a desarrollar por las Mutuas de Accidentes de Trabajo y enfermedades Profesionales de la Seguridad Social durante el período 2003–2005.

#### 6.4. Riesgos laborales evitables

- Derivados de la rotura de instalaciones existentes.
- Líneas eléctricas aéreas o subterráneas.

Medidas técnicas para evitarlos:

- Neutralización de las instalaciones existentes.
- Corte, apantallamiento, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.

## 6.5. Riesgos que no pueden llegar a eliminarse

### 6.5.1. General

#### 6.5.1.1. Riesgos frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel
- Caídas de operarios a distinto nivel
- Caídas de objetos sobre operarios
- Caídas de objetos sobre terceros
- Choques o golpes contra objetos
- Trabajos en condición de humedad
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Cuerpos extraños en los ojos
- Sobreesfuerzos
- Atrapamientos
- Erosiones y contusiones
- Afecciones cutáneas
- Proyecciones de partículas
- Afecciones a la vista, por soldaduras o deslumbramientos
- Heridas punzantes
- Quemaduras
- Incendios
- Explosiones

#### 6.5.1.2. Medidas preventivas

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (1 m) a líneas eléctricas de B.T.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (de 3 a 5 m) a líneas eléctricas de A.T.
- Iluminación adecuada y suficiente

- No permanecer en el radio de acción de las máquinas
- Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento
- Señalización de la obra
- Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m
- Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra
- Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes
- Extintor de polvo seco, de eficacia 21 A - 113B
- Evacuación de escombros

#### 6.5.1.3. EPIs (Equipos de Protección Individual)

- Cascos de seguridad
- Calzado protector
- Ropa de trabajo
- Chaleco reflectante
- Guantes
- Cascos antiruidos
- Gafas de seguridad
- Cinturones de protección

#### 6.5.2. Instalación eléctrica

##### 6.5.2.1. Riesgos frecuentes

- Contactos eléctricos.
- Incendio.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Golpes y cortes con objetos y herramientas.

##### 6.5.2.2. Medidas preventivas

- Las zonas de trabajo serán limpiadas de escombros diariamente, para

evitar acumulaciones.

- A las zonas de trabajo se deberá acceder de forma segura.
- Se habilitarán espacios determinados para el acopio
- Obligatorio el orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- No apilar materiales en zona de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso.

#### 6.5.2.3. EPIs

- Casco de polietileno aislante para riesgo eléctrico.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad aislantes de la electricidad.
- Guantes de cuero.
- Guantes aislantes de la electricidad.

#### 6.5.3. Soldadura

##### 6.5.3.1. Riesgos frecuentes

- Aplastamiento.
- Atrapamiento.
- Golpes con máquinas y materiales.
- Contacto eléctrico.
- Incendio y explosión.
- Proyección de partículas.
- Caídas al mismo y a distinto nivel.
- Exposición a productos químicos.
- Exposición a ruido, vibraciones y ambientes térmicos no confortables.
- Sobreesfuerzos.

##### 6.5.3.2. Medidas preventivas generales de soldadura

- Antes de iniciar los trabajos comprobar el buen funcionamiento del equipo, comunicando cualquier anomalía que se detecte al jefe de

taller.

- Comprobar que el lugar de trabajo está libre de materias combustibles (polvo, líquidos inflamables, etc.) y proteger con materiales ignífugos aquellas que no se puedan desplazar.
- Instalar pantallas para evitar el deslumbramiento a otros compañeros.
- Buscar la mejor posición para realizar la soldadura, evitando que los gases de ésta lleguen directamente a la pantalla facial protectora.
- Evitar la acumulación en el suelo de clavos, fragmentos y recortes.
- Utilizar el vestuario y el calzado proporcionados por la empresa.
- Colocarse el pantalón por encima del calzado a fin de que no se puedan introducir chispas en el interior de las botas.
- No llevar mecheros en los bolsillos.
- Utilizar gafas y pantallas de protección homologadas según la norma EN-166.
- Utilizar guantes EN-420 contra chispas, radiaciones y calor.
- Utilizar protección ocular para picar el cordón de soldadura.

#### 6.5.3.3. Medidas preventivas soldadura eléctrica

- Antes de comenzar la tarea verificar el aislamiento de los cables desenrollando por separado los cables de soldadura y los cables de alimentación del equipo.
- Al interrumpir los trabajos de soldadura, sacar los electrodos del portaelectrodos y desconectar el equipo de la fuente de alimentación.
- Reemplazar los que estén defectuosos.
- Depositar la pinza sobre el porta-pinzas, nunca directamente sobre el suelo o sobre elementos metálicos.
- Conectar el equipo de soldadura únicamente en tomas de corriente provistas de conexión a tierra.
- No utilizar anillos, pulseras, cadenas ni cualquier otro ornamento con partes metálicas.

#### 6.5.3.4. Medidas preventivas soldadura oxiacetilénica y oxicorte



- No utilizar los sopletes para usos distintos de los de soldadura.
- Antes de conectar el manorreductor, limpiar la válvula y, sin abrirla, apretar seguidamente las tuercas del prensaestopas.
- No trabajar con un caudal de botella superior a  $\frac{1}{4}$  del contenido total de la misma.
- Para encender el soplete, proceder de la siguiente manera: 1º: Abrir ligeramente el grifo de oxígeno. 2º: Abrir ampliamente el de combustible. 3º: Prender fuego a la mezcla.
- Para apagar el soplete, cerrar totalmente el grifo de combustible y luego el de oxígeno.
- Utilizar en todo momento la extracción localizada.
- Extremar la limpieza de la ropa de trabajo, evitando la acumulación de grasa y aceites.
- Tener siempre a mano un extintor.
- En caso de producirse un fuego lento en el interior de las botellas de acetileno, cerrar el grifo y enfriar la botella con agua fría, sacándola inmediatamente a un lugar descubierto.
- Manejar las válvulas, racores y otros elementos del equipo de soldeo, siempre con las manos libres de grasa y aceite.
- No emplear el oxígeno para labores de limpieza.
- Verificar la estanqueidad de las mangueras con agua jabonosa, nunca con una llama.
- Almacenar por separado las botellas de oxígeno y acetileno dejando una distancia mínima de 6 metros siempre que no haya un muro de separación.
- Almacenar las botellas de acetileno fuera del taller y al aire libre, resguardadas bajo un techo incombustible que las proteja del sol.
- Almacenar las botellas en posición vertical, debidamente protegidas y sujetas mediante cualquier dispositivo de seguridad que evite su caída. Separar las botellas llenas y las vacías
- Mantener las botellas almacenadas, incluso las vacías, siempre con las válvulas cerradas y provistas de su caperuza o protector.
- Evitar el arrastre, deslizamiento o rodadura de las botellas en posición

horizontal. Moverlas con medios adecuados que impidan su caída o vuelco durante el transporte.

#### 6.5.3.5. EPIs

- Yelmo de soldador
- Pantalla de protección de sustentación manual.
- Guantes de cuero.
- Manguitos de cuero.
- Polainas de cuero.
- Mandil de cuero.
- Ropa de trabajo.

#### 6.5.4. Montaje de equipos

##### 6.5.4.1. Riesgos frecuentes

- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de objetos sobre las personas
- Aplastamientos
- Los derivados del uso de medios auxiliares (borriquetas, escaleras...)
- Higiénicos (ruido, polvo)
- Quemaduras derivadas del uso de soldadores.
- Deterioro de los equipos a instalar.
- Golpes y aplastamientos de pies.

##### 6.5.4.2. Medidas preventivas

- Deberá disponerse de un sistema que impida que las personas no autorizadas puedan acceder a la instalación.
- Utilizar siempre medios apropiados para cargar/descargar los equipos de los camiones y colocarlos en los respectivos lugares de

instalación.

- Nunca empujar los equipos desde el camión hacia el suelo para evitar golpes que puedan poner en riesgo el buen estado de éstos. En estos casos pueden aparecer daños que traerán problemas en los equipos y su respectiva instalación.

#### 6.5.4.3. EPIs

- Gafas anti proyectantes.
- Guantes de protección.
- Ropa de trabajo.
- Casco de seguridad.
- Calzado de protección: que proteja frente a golpes por caída de herramientas en manipulación, y de la humedad, y con suela antideslizante para evitar caídas por resbalones.

#### 6.5.5. Trabajos con radial y taladro

##### 6.5.5.1. Riesgos frecuentes

- Proyección de partículas durante las operaciones de corte.
- Cortes y fracturas por fallo de útil.
- Cortes y amputaciones en extremidades por el manejo.
- Caída de objetos durante la manipulación.
- Inhalación de polvo durante las operaciones de perforación y corte.
- Riesgos de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos térmicos.
- Atrapamientos.
- Incendio.

#### 6.5.5.2. Medidas preventivas trabajos con radial

- Seleccionar el tipo de disco adecuado a la operación a efectuar.
- Asegurarse de que las dimensiones del disco coinciden con las indicadas para la herramienta y ajustar los orificios de acoplamiento de los discos exactamente sobre el husillo de la herramienta.
- No utilizar discos dañados ni de otras herramientas eléctricas más grandes aunque su diámetro exterior se haya reducido por el desgaste.
- Para el montaje de útiles emplear siempre las instrucciones y las herramientas de montaje facilitadas por el fabricante.
- Vigilar que las personas cercanas a la zona de trabajo se mantengan a una distancia suficiente.
- Antes de aplicar al disco sobre la zona de trabajo, hacerlo girar en vacío durante un breve espacio de tiempo.
- No situarse en el área hacia la que se moverá la herramienta.
- Si se atasca la máquina, soltar el botón de accionamiento, sujetar firmemente la herramienta y no acercar la mano al disco para tratar de liberarlo.
- En operaciones de amolado y tronzado no utilizar el resguardo protector del disco y sujetar o colocar las piezas grandes para evitar que bloqueen el disco.
- En operaciones de lijado no utilizar hojas lijadoras más grandes que el soporte de la herramienta.
- En operaciones con cepillos de alambre tener en cuenta que las púas de alambre pueden desprenderse y no forzar las púas ejerciendo una fuerza de aplicación excesiva. En el caso de usar resguardo de protección evitar que el cepillo de alambre roce.
- Una vez finalizado el trabajo, parar completamente la máquina antes de depositarla y esperar a que se enfríen los discos antes de tocarlos.

#### 6.5.5.3. Medidas preventivas trabajo con taladro

- Utilizar taladros con marcado CE prioritariamente o adaptadas al RD 1215/1997.
- Es necesario formar al operario para su utilización.
- Se deben seguir las instrucciones del fabricante.
- Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Limpiar los posibles derrames de aceite o combustible que puedan existir antes de iniciar los trabajos.
- Evitar la presencia de cables eléctricos en las zonas de paso.
- Evitar entrar en contacto con el accesorio de giro en rotación.
- Debe disponer de empuñadura auxiliar para una mejor sujeción y de interruptor con freno de inercia, para que al dejar de apretar se pare la máquina de manera automática.
- Las reparaciones deben ser efectuadas por personal autorizado.
- La conexión o suministro eléctrico se tiene que realizar con manguera antihumedad.
- Realizar las operaciones de limpieza y mantenimiento con la máquina desconectada de la red eléctrica o de la batería.
- Realizar los trabajos con equilibrio estable, colocando de forma correcta los pies.
- Escoger la broca adecuada para el material que se tenga que agujerear.
- Sustituir inmediatamente las herramientas gastadas o agrietadas.
- Desconectar este equipo de la red eléctrica o extraer la batería, cuando no se utilice.
- Realizar mantenimientos periódicos de estos equipos.
- Realizar el cambio del accesorio con el equipo parado.
- Comprobar que los accesorios están en perfecto estado antes de su colocación.
- Escoger el accesorio más adecuado para cada aplicación.
- Este tipo de máquina será utilizado en las labores que conciernen al montaje de depósitos.

#### 6.5.5.4. EPIs

- Mascarilla antipolvo.
- Ropa de trabajo apropiada.
- Botas de seguridad con plantilla de acero y puntera reforzada.
- Protectores auditivos.
- Guantes de cuero.
- Casco de polietileno.
- Gafas contra impactos.

#### 6.5.6. Escalera de mano

##### 6.5.6.1. Riesgos frecuentes

- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome.
- Caída de objetos desprendidos.
- Golpes contra objetos móviles.
- Atrapamientos por o entre objetos
- Deslizamiento por incorrecto apoyo.
- Vuelco lateral por apoyo irregular o por falta de arriostramiento.
- Rotura por defectos ocultos.
- Los derivados de los usos incorrectos o de los montajes peligrosos.

##### 6.5.6.2. Medidas preventivas

- Las escaleras de madera tendrán los largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
- Los peldaños o travesaños de madera estarán ensamblados.
- Las escaleras de tijera estarán dotadas en su articulación superior de topes de seguridad de apertura.
- Las escaleras de tijera estarán dotadas hacia la mitad de su altura, de cadenilla o cable de acero de limitación de apertura máxima.
- Se prohíbe la utilización de escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5 metros.

- Las escaleras de mano estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes.
- Las escaleras de mano estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.
- Las escaleras sobrepasarán, en 90 cm, la altura a salvar.
- No transportar pesos a mano o a hombro, iguales o superiores a 25 Kg. en las escaleras de mano.
- El acceso a las escaleras de mano se realizará de uno en uno, quedando prohibido la utilización al unísono de la escalera de dos o más operarios.
- El ascenso y descenso a través de las escaleras de mano se efectuará frontalmente; es decir, mirando directamente hacia los peldaños que se están utilizando.

#### 6.6. Condiciones de los medios de protección

Todos los elementos de protección personal se ajustarán a las normas de homologación del Ministerio de Trabajo siguientes:

- M.T.1 Cascos de Seguridad no Metálicos (BOE 30/12/74).
- M.T.2 Protecciones Auditivas (BOE 1.975).
- M.T.3 Pantallas para Soldadores.
- M.T.4 Guantes Aislantes de la Electricidad (BOE 3/9/75).
- M.T.5 Calzado de Seguridad Contra Riesgos Mecánicos (BOE 12/2/80).
- M.T.7 Adaptadores Faciales (BOE 2/9/77).
- M.T.13 Cinturones de Sujeción (BOE 2/9/77).
- M.T.16 Gafas de Montura Universal para Protección Contra Impactos (BOE 17/8/78).
- MT.17 Oculares de Protección Contra Impactos (BOE 7/2/79).
- MT.21 Cinturones de Suspensión (BOE 16/3/81).
- MT.22 Cinturones de Caída (BOE 17/3/81).
- MT.25 Plantilla de Protección Frente a Riesgos de Perforación (BOE 13/10/81).
- M.T.26 Aislamiento de Seguridad de las Herramientas Manuales en

los Trabajos Eléctricos de Baja Tensión (BOE 10/10/81).

- MT.27 Bota Impermeable al Agua y a la Humedad (BOE 22/12/81).

Cuando para algún elemento no exista norma de homologación oficial, ésta será de calidad adecuada a la prestación deseada.

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijados un período de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido, será desechado y repuesto al completo.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holgura o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

#### 6.7. Servicios de prevención

Las empresas constructoras deberán disponer de un servicio de asesoramiento en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Los servicios médicos en caso de accidente se atenderán desde el hospital más próximo.

#### 6.8. Instalaciones

##### 6.8.1. Médicas

El botiquín de primeros auxilios se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente el material consumido. Este botiquín no suplirá en ningún



caso la existencia del Servicio Médico de empresa o mancomunado.

#### 6.8.2. Salud y bienestar

Cada Contratista dispondrá de vestuarios y servicios higiénicos debidamente dotados.

El vestuario dispondrá de taquillas individuales con llave, asientos y calefacción.

Los servicios higiénicos tendrán un lavabo y una ducha con agua fría y caliente por cada diez (10) trabajadores y un W.C. por cada veinticinco (25) trabajadores, disponiendo de espejos y calefacción.

Para la limpieza y conservación de estos locales, se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria.

#### 6.9. Plan de seguridad y salud

Este Plan de Seguridad y salud complementará y desarrollará en lo que sea preciso, las previsiones contenidas en el presente estudio, en función del sistema de realización de los distintos trabajos y unidades de obra. En el plan se incorporarán las normas y medidas preventivas que deberán adoptar las empresas constructoras o subcontratistas de obra, quienes estarán obligadas a redactar su propio Plan detallado de Seguridad y Salud en el Trabajo a ellos asignado, siguiendo estas directrices.

El Plan de Seguridad y Salud será presentado a las autoridades laborales competentes, según exige la legislación vigente.

## 7. Bibliografía

### Bibliografía

Caloryfrio, I. A. (2018, agosto 17). ¿Qué es una torre de refrigeración o enfriamiento? Funcionamiento y seguridad. Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Caloryfrio.com website: <https://www.caloryfrio.com/refrigeracion-frio/que-es-torre-de-refrigeracion-enfriamiento-funcionamiento-seguridad.html>

Datos del sector industrial lácteo en España. (2019, mayo 18). Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Fenil.org website: <http://fenil.org/sector-industrial-lacteo/>

Distribuidores únicos de productos de refrigeración Thermax. (2020, julio 6). Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Absorsistem.com website: <https://www.absorsistem.com/brands/thermax/>

Gutiérrez, B. G. (s/f). PLANTA DE COGENERACIÓN DE 5 MW CON MACI PARA UNA FÁBRICA DE CONSERVAS. Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Ehu.es website: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/18861/PROYECTO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

La industria láctea. sistemas de vapor y condensado. (s/f). Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Docplayer.es website: <https://docplayer.es/48443715-La-industria-lactea-sistemas-de-vapor-y-condensado.html>

Sarachu, E. (2019, octubre 23). Torres de refrigeración: qué son, cómo funcionan y su mantenimiento. Recuperado el 28 de mayo de 2021, de E-ficiencia.com website: <https://e-ficiencia.com/torres-de-refrigeracion-que-son-funcionamiento-refrigeracion-evaporativa/>

Seguas Aire Comprimido y Frio Industrial S. L. (2019, julio 16). Torres de refrigeración: refrigeración industrial eficiente. Recuperado el 28 de mayo de

2021, de Seguas Aire Comprimido y Frio Industrial S.L website:  
<https://www.seguas.com/torres-refrigeracion-refrigeracion-industrial-eficiente/>

Torraval. (2020a, agosto 1). Torres de refrigeración : mantenimiento y funcionamiento. Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Torraval.com website: <https://www.torraval.com/torres-de-refrigeracion-funcionamiento-y-mantenimiento/>

Torraval. (2020b, septiembre 1). Guía para el tratamiento de agua en torres de refrigeración - TORRAVAL. Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Torraval.com website: <https://www.torraval.com/guia-para-el-tratamiento-de-agua-en-torres-de-refrigeracion/>

(S/f-a). Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Ingemecanica.com website: <https://ingemecanica.com/proyectos/objetos/pliegos/pliego3.pdf>

(S/f-b). Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Unican.es website: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1278/349215.pdf?sequence=1>

(S/f-c). Recuperado el 28 de mayo de 2021, de Grundfos.com website: <https://product-selection.grundfos.com/es/>

Germán Giner Santonja, 2019, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries. Website: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/food-drink-and-milk-industries>

calderas olmar.pdf. (n.d.).

PLIEGO DE CONDICIONES Índice. (n.d.).

CENAM. (2016). Minas y AEI, 67.

De, U. (2012). TURBINA DE GAS Conceptual design of a cogeneration gas turbine.

Energía, Y. (2014). Titulación : INGENIERO DE MINAS COGENERACIÓN EN LA CANTERA “ LAS MARGARITAS ” ( COLMENAR DE OREJA ,

MADRID ).

European Commission. (2009). Reference document on best available techniques for energy efficiency. *European Commission*, (February), 1–430. Retrieved from

[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE\\_Adopted\\_02-2009.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE_Adopted_02-2009.pdf)

F, K. Ge. (1967). 濟無No Title No Title No Title. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

Fernandez, F. (2011). Capítulo 3 máquinas de absorción 3.1., 69–135. Retrieved from

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5070/fichero/CAPITULO+3%252FCAPÍTULO+3.0+MAQUINAS+DE+ABSORCION.pdf>

Giref, U. T. E. (2020). BIOGÁS DE 1 . 802 kW<sub>e</sub>.

Gobierno de España. (2013). Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. *Boletín Oficial Del Estado*, 1–66. Retrieved from

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-10556-consolidado.pdf%0Ahttp://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/spain/name,23929,en.php>

Gutiérrez, B. (2016). Planta De Cogeneración De 5.

Kartagroup. (2018). Proyecto Básico de una central de cogeneración de Motores a Gas.

Ministerio de industria, turismo y comercio. (2007). Real decreto 616/2007 sobre fomento de la cogeneración. *Boe*, 39355–39357. Retrieved from

[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-9691](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-9691)

Núñez, R. M. (2012). Proyecto / Trabajo Fin de Carrera COGENERACIÓN CON BIOMASA ( Basic engineering for a Cogeneration Power Plant using, 394. Retrieved from

<http://bucserver01.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1278/349215.pdf?sequence=1>

S, C. A. A. C., Ge, A. G., & Industrial, G. T. (2018).

S, G. G. (2010). Averías habituales en plantas de cogeneración, 0. Retrieved from file://c:/Documents and

Settings/Administrador/Escritorio/BIBLIOGRAF?A/TurboM?quinas/2616-averias motores gas.pdf

Santonja, G. G., Karlis, P., , Brinkmann, T., & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Food, Drink and Milk Industries. European Commission, EUR 29978 EN*. Retrieved from

[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/brefdownload/download\\_FDM.cfm](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/brefdownload/download_FDM.cfm)

Tubulações, S. D. E. (n.d.). 4. Sistemas De Tubulações, 30–40.

## AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”